

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет  
Виробництва приладів**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ в.о. Шевченко В.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект  
на здобуття ступеня бакалавра  
з напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування»**

**на тему: «Ритмокардіометр»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ПБ-351

Малий Олександр Арменович \_\_\_\_\_

Керівник:

доцент, кандидат технічних наук

Стельмах Н.В. \_\_\_\_\_

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДПБ ПБ5114. 1702.000 ПЗ	Пояснювальна записка	66	
3	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.001	Ритмокардиометр СК	1	
4	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.002	Електрична структурна схема приладу СХ	1	
5	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.003	Функціональна схема приладу	1	
6	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.004	Електрична схема границь і затримки	1	
7	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.005	Електрична принципова схема підсилювача та фільтрів	1	
8	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.006	Схема складального складу	1	
9	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.007	Технологічна схема складання	1	
10	A1	ДПБ ПБ5114. 1702.008	Деталювання ритмокардиометра	1	

				ДПБ ПБ-51141702		
	ПБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Малий О.А.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Стельмах Н.В.				1	1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. 1702 Гр. ПБ-351	
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Приладобудівний факультет**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки (програма професійного спрямування) – 6.051003

«Приладобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
В.В. Шевченко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проект студенту  
Малому Олександру Арменовичу**

1. Тема проекту «Ритмордиометр», керівник проекту Стельмах Н. В. доцент, затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. №1383-с
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 р.
3. Вихідні дані до проекту технічні характеристики прилади
4. Зміст пояснювальної записки
  - а) конструкторський розділ: аналіз методів функціональної діагностики серцево-судинної системи, обґрунтування елементної бази приладу; розробка структурної та функціональної схем, та принципу дії приладу; розрахунок для складових частин електричної принципової схеми підсилювача і фільтрів
  - б) технологічний розділ: відпрацювання приладу на технологічність; розробка структурної та технологічної схеми складання приладу; розрахунок показників надійності роботи системи
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)
  1. Креслення № 1 Ритмокардиометр СК (формат А1);
  2. Креслення № 2 Електрична структурна схема приладу СХ (формат А1);
  3. Креслення № 3 Функціональна схема приладу СХ (формат А1);
  4. Креслення № 4 Електрична схема границь і затримки СХ (формат А1);
  5. Креслення № 5 Електрична принципова схема підсилювача та фільтрів СХ (формат А1);
  6. Креслення № 6 Схема складального складу ритмокардиометра СХ (формат А1);
  7. Креслення № 7. Технологічна схема складання ритмокардиометра СХ (формат А1);
  8. Креслення № 8 Деталювання ритмокардиометра (формат А1)

## 6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 10 березня 2019 р.

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Огляд методів діагностики серцево-судинної системи	15.03.2019	
	Аналіз сучасних ритмокардиометрів	20.03.2019	
	Огляд апаратів за об'єктами інтелектуальної власності	25.03.2019	
	Вибір і обґрунтування вхідних параметрів приладу	01.04.2019	
	Розробка структурної електричної блок-схеми приладу	10.04.2019	
	Розробка функціональної блок-схеми приладу	15.04.201	
	Розрахунок технологічності конструкції апарату	20.04.2019	
	Розробка технологічного процесу складання приладу	25.04.2019	
	Креслення загального вигляду ритмокардиометра	30.04.2019	
	Креслення схем ССС та ТСС	10.05.2019	
	Креслення деталювання приладу	15.05.2019	
	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2019	

Студент

Малий О. А.

Керівник проекту

Стельмах Н. В.

---

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проекту**  
**на тему: «Ритмордиометр»**

Київ – 2019 р.

### **Анотація**

В наш час важливим є можливість контролювання частоти скорочення серця (ЧСС) для визначення різних серцевих захворювань людини. Це можливо робити за допомогою ритмокардіометрів.

Був проведений патентний пошук за темою проекту і було знайдено технічні рішення та методи діагностики, які використовуються в медицині.

В даній дипломній роботі розглянутий та детально вивчений ритмокардіометр «РКМ-01», його конструкція, принцип роботи, комплектовка. Регулювання та можливі пошкодження та способи їх усунення, правила транспортування та зберігання.

Приведений графічний матеріал: схеми, та креслення; для доступного розуміння можливостей роботи ритмокардіометра «РКМ-01».

Було зроблено економічний розрахунок даного приладу, зокрема були визначені основні показники технологічності виробу, а також проведена калькуляція собівартості та ціни виробу.

## Зміст

Вступ .....	8
I.Конструкторська частина .....	11
1.1 Основи дослідження серця .....	12
1.2 Класифікація методів ФД в залежності від галузі дослідження.....	20
1.3 Аналіз і класифікація приладів для визначення чсс .....	24
1.4 Опис характеристик та принципу роботи приладу ритмокардіометра «РМК-01».....	30
1.4.1 Технічні дані приладу .....	31
1.4.2 Електрична функціональна схема приладу ритмокардіометра РКМ-01 .....	34
1.4.3 Конструктивне оформлення приладу .....	39
1.5 Розрахунок коефіцієнта підсилення для мікросхеми електричної принципової схеми підсилювача і фільтрів та розрахунок резисторів.....	41
1.5.1 Розрахунок коефіцієнта підсилення. ....	41
1.5.2.Розрахунок резисторів $R_{10}$ , $R_{14}$ та $R_{16}$ . ....	42
1.6 Правила експлуатації та вказівки заходів без небезпеки.....	44
1.7 Технічне обслуговування приладу .....	45
1.7.1 Алгоритм пошуку несправності і спосіб їх усунення.....	45
1.7.2 Повірка приладу .....	47
1.7.3 Визначення метрологічних параметрів.....	50
1.7.4 Алгоритм технічного обслуговування .....	51
1.7.5 Поточний ремонт.....	52
II.Технологічна частина .....	54
2.1. Визначення технологічності конструкції приладу.....	55

2.2 Проектування технологічного процесу складання РКМ - 01.....	58
2.3 Розрахунок показників надійності роботи системи.....	59
Висновки по роботі.....	68
Використана література: .....	69
Додатки .....	70



## Вступ

Екологічна ситуація в Україні, дефіцит рухової активності, відсутність необхідного тренувального навантаження гальмують нормальний фізичний розвиток і погіршують стан здоров'я людини. Потреба в русі, підвищена рухова активність є найважливішими біологічними особливостями людського організму. Під активним руховим режимом розуміють регламентоване за інтенсивністю фізичне навантаження, яке сприяє зміцненню здоров'я. Відновлення дефіциту руху в повній мірі за допомогою дозованих фізичних навантажень і правильної організації всього рухового режиму є найважливішим завданням фізичного виховання людини з низьким і нижче середнього рівнем фізичного здоров'я.

На сьогоднішній день досить актуальним та важливим питанням в медицині є прилади, які дозволяють визначати частоту скорочення серця. Аналіз крові містить багато інформації про стан нашого організму на даний момент. Наприклад, рівень цукру (а точніше, глюкози) — важливий показник, якщо є загроза виникнення діабету. Фахівці радять хоча б раз на рік перевіряти цей показник усім без винятку.

Апарати для дослідження серця визначають частоту скорочення, що дає можливість точно визначити хворобу. Розглянемо найпоширеніші захворювання.

**Аритмії серця** -- це порушення ритму серця, які супроводжуються:

- ураженням пульсу (менше 60 ударів за хвилину) - брадикардією (bradi – рідкий);
- прискоренням пульсу (більше 100 в хвилину) - тахікардією (tahi - частий);
- нерегулярністю серцевих скорочень.

**Вроджені вади серця** виникли внутрішньоутробно, до народження дитини, анатомічні дефекти серця, його клапанного апарату або його судин. Ці дефекти можуть зустрічатися ізольовано або в поєднанні один з одним.

**Придбана вада** серця може мати вигляд зміни форми клапана, зморщування його стулок. У результаті цієї зміни клапани серця не можуть повністю закрити отвори між камерами серця. Через таке розщеплення частина крові перетікає назад, в ті відділи серця, з яких вона надійшла. Це створює додаткове навантаження на серце, збільшує його масу, і веде до стомлення серця. Такий варіант придбаної вади серця називається недостатністю клапана.

Інша форма придбаної вади серця - ураження клапана серця зі зрощенням його стулок. Це веде до звуження отвору між камерами серця, що теж заважає нормальному кровотоку, частково перекриваючи його. Така вада серця називається стенозом. Якщо два типи придбаної вади серця - недостатність клапана і стеноз - вражають серцево-судинну систему одночасно, говорять про комбіновану ваду серця.

**Запальні захворювання серця.** Ендокардит, міокардит, перикардит - ці хвороби відносяться до так званих запальних захворювань серця: ендокардит - запалення внутрішньої оболонки серця - ендокарда; міокардит - запальне ураження серцевого м'яза - міокарда; перикардит - запальна поразка зовнішньої оболонки серця - перикарда.

**Атеросклероз (від грец. *Athera*)** - це хронічне захворювання, при якому стінки артерій ущільнюються і втрачають еластичність, що веде до звуження їх просвіту, а значить і до ускладнення течії крові

**Гіпертонія** - спадкове захворювання, особливо часто зустрічається у найближчих родичів (діти, брати, сестри). Головний симптом гіпертонічної хвороби, як зрозуміло з назви, - це підвищений артеріальний тиск. А підвищений тиск небезпечний тим, що він дає надлишкове навантаження на всі системи організму, особливо на так звані органи-мішені. До них

відносяться головний мозок, серце, судини, нирки, сітківка ока, нервова система.

**Ішемічна хвороба серця (ІХС)** - киснєве голодування серця, що виникає через звуження чи закупорки коронарних артерій. В результаті цього процесу проходження крові через них утруднене і серцевий м'яз не отримує необхідної кількості кисню і поживних речовин.

**Серцевою недостатністю** називається стан, що виникає внаслідок різних причин, при якому послаблюється скорочувальна здатність серцевого м'яза (міокарда) і серце втрачає здатність забезпечувати організм необхідною кількістю крові.

В медичних установах використовуються прилади з різним часом аналізу та кількості досліджуваного матеріалу та різними принципами роботи.

В даній дипломній роботі розглянутий та детально вивчений ритмокардіометр «РКМ-01», його конструкція, принцип роботи, комплектовка. Регулювання та можливі пошкодження та способи їх усунення, правила транспортування та зберігання.

Приведений графічний матеріал : схеми та креслення для доступного розуміння можливостей роботи ритмокардіометра «РКМ-01».

## **I.Конструкторська частина**

## 1.1 Основи дослідження серця

### Досліджуваний матеріал та його складові

**Серце** - м'язовий порожнистий орган конусоподібної форми. Розширена частина серця називається основою, а звужена – верхівкою.

Серце міститься в грудній порожнині у нижньому відділі переднього середостіння на сухожилковому центрі діафрагми, між правою й лівою плевральними порожнинами. Лівою легенею окутується  $\frac{2}{3}$  серця, а правою -  $\frac{1}{3}$ . Серце оточене навколосерцевою сумкою — перикардом. Форма серця у різних людей неоднакова - від короткої округлої до більш видовженої овальної. Відносно грудної клітки серце розміщене між тілом III грудного хребця і V лівим міжреберним проміжком. Верхівкою серце спрямоване вниз, а основою - вгору. Маса серця дорівнює 250—360 г і залежить від маси тіла людини. Розмір серця приблизно дорівнює розмірові складеної кисті руки (тобто кулаку)[1] (рис 1.1 ).

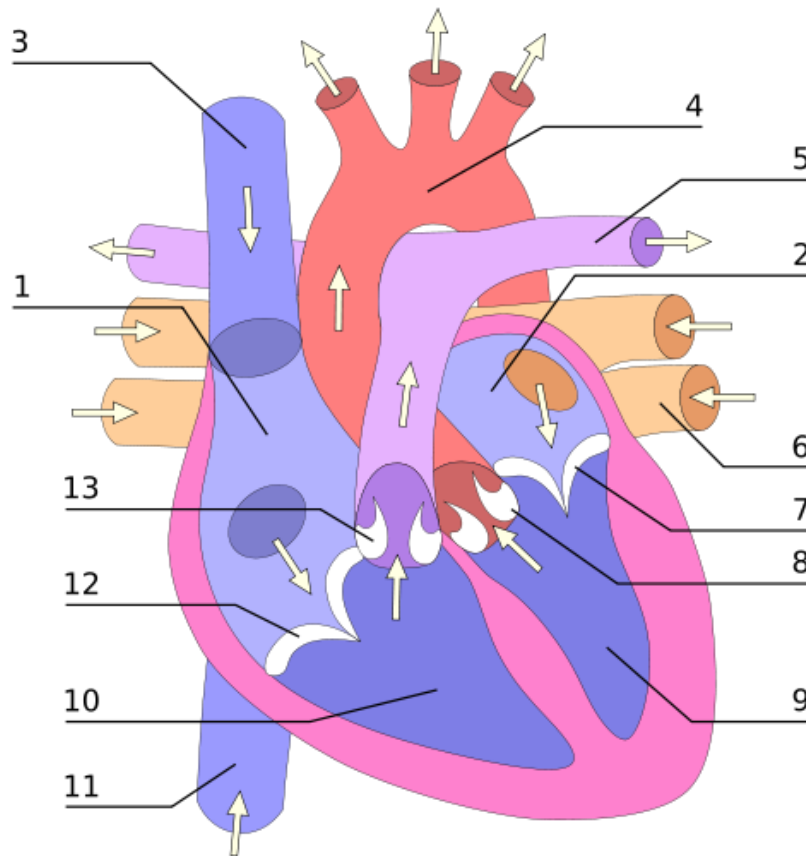


Рис 1.1 Анатомія серця людини. Білі стрілки вказують нормальний потік крові.

1. Праве передсердя 2. Ліве передсердя 3. Верхня порожниста вена
4. Аорта 5. Легеневі артерії 6. Легеневі вени 7. Мітральний клапан (лівий передсердно-шлуночковий) 8. Аортальний клапан 9. Лівий шлуночок
10. Правий шлуночок 11. Нижня порожниста вена 12. Правий передсердно-шлуночковий (тристулковий) клапан 13. Клапан легеневого стовбура

Серце має дві поверхні: передньоверхню опуклу — грудинно-реберну й задньонижню плоску - діафрагмальну.(схематичне зображення на рис. 1.1) Обидві поверхні переходять одна в одну заокругленими краями, при цьому правий край загострений, а лівий - тупий, округлий. На поверхні серця пролягають три борозни — одна вінцева, яка проходить між передсерддями й

шлуночками, та дві (передня й задня) міжшлуночкові, які відділяють шлуночки один від одного.[1]

У вінцевій борозні лежать власні судини серця: права та ліва вінцеві артерії, вени. В передній і задній міжшлуночкових борознах - відповідно передня й огинальна міжшлуночкові гілки.

Порожнина серця має чотири камери, а саме: праве передсердя, правий шлуночок, ліве передсердя і лівий шлуночок.

Передсердя відділяються одне від одного міжпередсердною перегородкою, а шлуночки - міжшлуночковою перегородкою. Кожне передсердя з'єднується з шлуночком передсердно-шлуночковим отвором.

Стінка серця складається з трьох оболонок: зовнішньої — перикарда, середньої — міокарда та внутрішньої — ендокарда.

**Перикард** за будовою поділяють на серозний та волокнистий. Серозний перикард, або епікард, є вісцеральним листком серозної оболонки, який і утворює зовнішню оболонку серця. Вона в ділянці основи серця переходить на судини, а з судин опускається до верхівки серця, окутує його й має назву парієтального листка серозної оболонки, або волокнистий перикард. Між волокнистим і серозним перикардом є порожнина з невеликою кількістю серозної рідини.

**Міокард** — середня оболонка в ділянці передсердь — складається з двох шарів: зовнішнього — колового (циркулярного), спільно для обох передсердь (правого й лівого), та внутрішнього — повздовжнього, окремого для кожного передсердя. Міокард шлуночків складається з трьох шарів. Поверхневий і глибокий шари є спільними для обох шлуночків. Волокна поверхневого шару починаються від основи шлуночка, спускаються косо вниз, окутують верхівку шлуночка й переходять у його поздовжній внутрішній шар. Між двома поздовжніми шарами м'язів лежить кільцевий шар м'язів, окремий для кожного шлуночка. Міокард утворює сосочкові м'язи,

які рельєфно виступають у порожнину шлуночків. Міокард — найтовщий шар серця.

**Ендокард** вистеляє внутрішню поверхню серця й утворений ендотелієм, який лежить на товстій базальній мембрані. Під нею міститься сполучнотканинний шар з еластичними й гладенькими м'язовими волокнами, що тісно прилягає до м'язової оболонки.

У різних відділах серця товщина стінок неоднакова. Так, у передсердях вона в середньому дорівнює 2—5 мм; у лівому шлуночку — 15—16 мм; у правому шлуночку — 6—7 мм.

**Праве передсердя.** Зверху в нього відкривається отвір верхньої порожнистої вени, а знизу — отвір нижньої порожнистої вени, під нею є невеликий отвір венозної пазухи, в яку збирається кров від стінок серця, а також кілька отворів найменших серцевих вен. На міжпередсердній перегородці є овальна ямка. Перегородка в цьому місці значно тонша. Зліва, спереду передсердя, розміщена додаткова порожнина трикутної форми - праве вушко серця. На стінках правого передсердя і правого вушка виступають підвищення — гребенясті м'язи.

Внизу праве передсердя сполучається правим передсердно-шлуночковим отвором з правим шлуночком.

**Правий шлуночок** лежить нижче правого передсердя. Внутрішня стінка його покрита м'язовими виступами й перекладками, які утворюють сосочкові м'язи. Три з них мають конусоподібну форму. Передсердно-шлуночковий отвір закривається передсердно-шлуночковим (тристулковим) клапаном, який складається з трьох стулок, утворених складками ендокарда. Стулки клапана сухожилковими струнами сполучаються з конусоподібними м'язовими сосочками. Коли кров із передсердя надходить у шлуночок, передсердно-шлуночковий клапан щільно закриває передсердно-шлуночковий отвір, сухожилкові струни напружуються і стулки клапана не вивертаються в передсердя, кров при цьому не потрапляє в зворотному напрямку, тобто назад, у передсердя. Вгорі зліва в правому шлуночку є отвір легеневого стовбура. На



межі правого шлуночка й отвору легеневого стовбура є клапан, який складається з трьох півмісяцевих заслінок, що пропускають кров у напрямку від шлуночка в легеневий стовбур. У момент переходу крові з шлуночка в легеневий стовбур (легенева артерія) півмісяцеві заслінки наповнюються кров'ю на зразок карманів і щільно закривають вхід у легеневий стовбур, не даючи можливості крові повертатися назад до шлуночка.[2]

**Ліве передсердя** лежить позаду правого, його додаткова порожнина називається лівим вушком. На верхній поверхні ліве передсердя має чотири отвори легневих вен. Внутрішня поверхня передсердя гладенька, лише в ділянці вушка містяться гребенясті м'язи. Ліве передсердя з лівим шлуночком сполучається лівим передсердно-шлуночковим отвором.

**Лівий шлуночок** лежить нижче лівого передсердя, на межі з яким є передсердно-шлуночковий, або митральний клапан, дві стулки якого мають зубчасті краї. Вся внутрішня поверхня шлуночка покрита м'язовими виступами у вигляді перекладок, від яких починаються два сосочкових м'язи. Ці м'язи більші й масивніші, ніж у правому шлуночку, від них до стулок клапана відходять сухожилкові нитки. Праворуч вгорі є отвір аорти, який закривається трьома півмісяцевими заслінками, що утворюють клапан аорти (півмісяцевий). Стулки клапана міцніші й товщі, ніж у легеновому стовбурі, що зумовлено більшим тиском крові в аорті порівняно з легеновим стовбуром. Функціонує цей клапан аорти так само, як і клапан легеневого стовбура. У товщі міокарда міститься міцний сполучнотканинний скелет серця, представлений фіброзними кільцями, розміщеними між обома передсердями й шлуночками в місцях локалізації стулкових клапанів. Такі ж кільця є й у ділянці півмісяцевих клапанів легеневого стовбура та аорти. Від скелета серця беруть початок м'язи передсердь і шлуночків. Скелет серця забезпечує ізолюване скорочення м'язів передсердь і шлуночків, а також зміцнює стінку серця.[2]

До складу м'язів серця входять атипові волокна, в саркоплазмі яких є невелика кількість міоцитів. На вигляд вони світлі, навколо них багато

нервових клітин і безм'якушевих волокон. Такі утворення мають назву провідної серцевої системи.

**Провідна серцева система** утворена спеціальними вузлами й волокнами. Основним серед вузлів є пазушно-передсердний, він лежить у міокарді правого передсердя під епікардом між отвором верхньої порожнистої вени й правим вушком серця (вузол Кейта-Флека). Його волокна розгалужуються у м'язах передсердя, опускаються вниз міжпередсердною перегородкою до її нижньої частини, де лежить передсердно-шлуночковий вузол (Ашофа-Тавара). Від цього вузла волокна опускаються вниз у міжшлуночкову перегородку, де й утворюють передсердно-шлуночковий пучок (пучок Гіса). Пучок у нижній частині поділяється на праву та ліву ніжки, які локалізуються в стінках правого і лівого шлуночків. Ніжки розгалужуються й утворюють провідні м'язові волокна Пуркін'є. Вузли провідної системи - це автономна нервова система серця, яка функціонально з'єднує всі відділи й забезпечує автоматизм його роботи. Але чим вищого еволюційного рівня досяг організм, тим більшу роль бере на себе центральна іннервація серця, яка й регулює роботу провідної системи, й передусім синусно-передсердного вузла.

**Судини і нерви серця.** Від висхідної частини аорти починаються дві вінцеві артерії серця — права й ліва, що лежать у вінцевій борозні. Права вінцева артерія від вінцевої борозни спускається задньою міжшлуночковою борозною й утворює задню міжшлуночкову артерію серця. Ліва вінцева артерія утворює передню міжшлуночкову артерію. Кожна з міжшлуночкових артерій живить ту частину серця, в якій вона розгалужується: права — праву половину, а ліва — ліву. Обидві артерії розгалужуються на міжшлуночкові гілки, в ділянці верхівки серця вони анастомозують між собою й живлять оболонки серця.

Всі артерії серця супроводжуються венами, які розміщуються поряд з артеріями. Частина вен відкривається дрібними отворами в праве передсердя. Інші вени, більшого діаметра, вливаються у венозну пазуху, що у вінцевій

борозні серця, на задній її поверхні, а далі - у передсердя на нижній його стінці латеральніше нижньої порожнистої вени.[6]

Центральну іннервацію серця забезпечують симпатичний і блукаючий нерви автономної нервової системи. Симпатичні нерви - верхній, середній та нижній — відходять від шийного та грудного відділів симпатичного стовбура. Симпатичні нерви посилюють скорочення серця, прискорюють їх, збільшують швидкість проведення імпульсу в серцевому м'язі й підвищують збудливість серцевого м'яза.

Від блукаючого нерва, центр якого міститься в довгастому мозку, відходять верхні та нижні серцеві гілки, які впливають на роботу серця прямо протилежно симпатичним нервам, тобто сповільнюють частоту скорочень серця або зовсім припиняють їх, послаблюють скорочення серцевого м'яза, зменшують швидкість поширення й проведення серцевого імпульсу по провідній системі, знижують збудливість серця.

Міокард має низку властивостей, які забезпечують безперервну ритмічну діяльність:

- збудливість;
- автоматія;
- провідність;
- скорочення та розслаблення.

Скорочення серця відбувається в результаті періодично виникаючих процесів збудження в самому серцевому м'язі. Внаслідок цього міокард здатний до скорочення, будучи, навіть ізольованим від організму. Це явище називається автоматією. Але здатністю скорочуватись автоматично володіють лише певні ділянки м'яза, які складаються із специфічних волокон, що відрізняються від типових волокон міокарду. Таку атипову мускулатуру за здатність скорочуватися і проводити виникле збудження по серцю називають провідниковою системою серця. Скупчення клітин атипової мускулатури називають вузлами. Один із таких вузлів розміщений у правому передсерді, поблизу входу в серце верхньої порожнистої вени. Його назва синусо-

передсердний вузол, який визначає ритм скорочення серця – водій ритму серця.[4]

Другий вузол розміщений на межі між передсерддями та шлуночками у поздовжній перегородці серця і називається передсердно-шлуночковий. В цій області серця збудження поширюється із передсердь на шлуночки. Із нього збудження прямує до пучка волокон, які розміщені в перегородці між шлуночками – пучок Гіса. Потім він розподіляється на дві гілки – ніжки пучка, одна з яких прямує в стінку правого, а інша – в стінку лівого шлуночка.

Процес збудження, по-перше виникає в синусо-передсердному вузлі, потім поширюється на інші частини провідної системи. Нарешті воно з атипової мускулатури передається на типову, яка скорочується, розвиваючи напруження для нагнітання крові в аорту та легеневу артерію (рис 1.2).

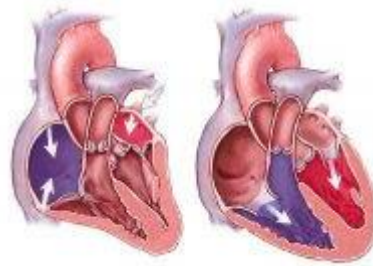


Рис. 1.2

Скорочення відділів серця носить назву систола, а розслаблення – діастола. Одна систола і одна діастола утворюють серцевий цикл, який триває 0,8 сек. (при частоті скорочень серця – 75).

Послідовні ритмічні скорочення та розслаблення передсердь та шлуночків серця, а також діяльність стулкових і півмісяцевих клапанів забезпечують рух крові із передсердь в шлуночки, а із шлуночків – у велике та мале кола кровообігу. При кожній систолі серце виштовхує в артерії по 65-70 мл крові – систолічний об'єм крові. А за підрахунками вчених за 1 хвилину серце викидає в судини до 5 літрів крові.

Отже, насосна функція серця пов'язана із послідовним скороченням передсердь і шлуночків. І вона тісно взаємодіє із автоматією, збудливістю, провідністю. Саме завдяки нормальному функціонуванню провідної системи

серця, обидва передсердя і шлуночки водночас охоплюються збудженням і тому водночас скорочуються. Чим і забезпечується насосна функція роботи серця, а серце називають насосом.[6]

## 1.2 Класифікація методів ФД в залежності від галузі дослідження

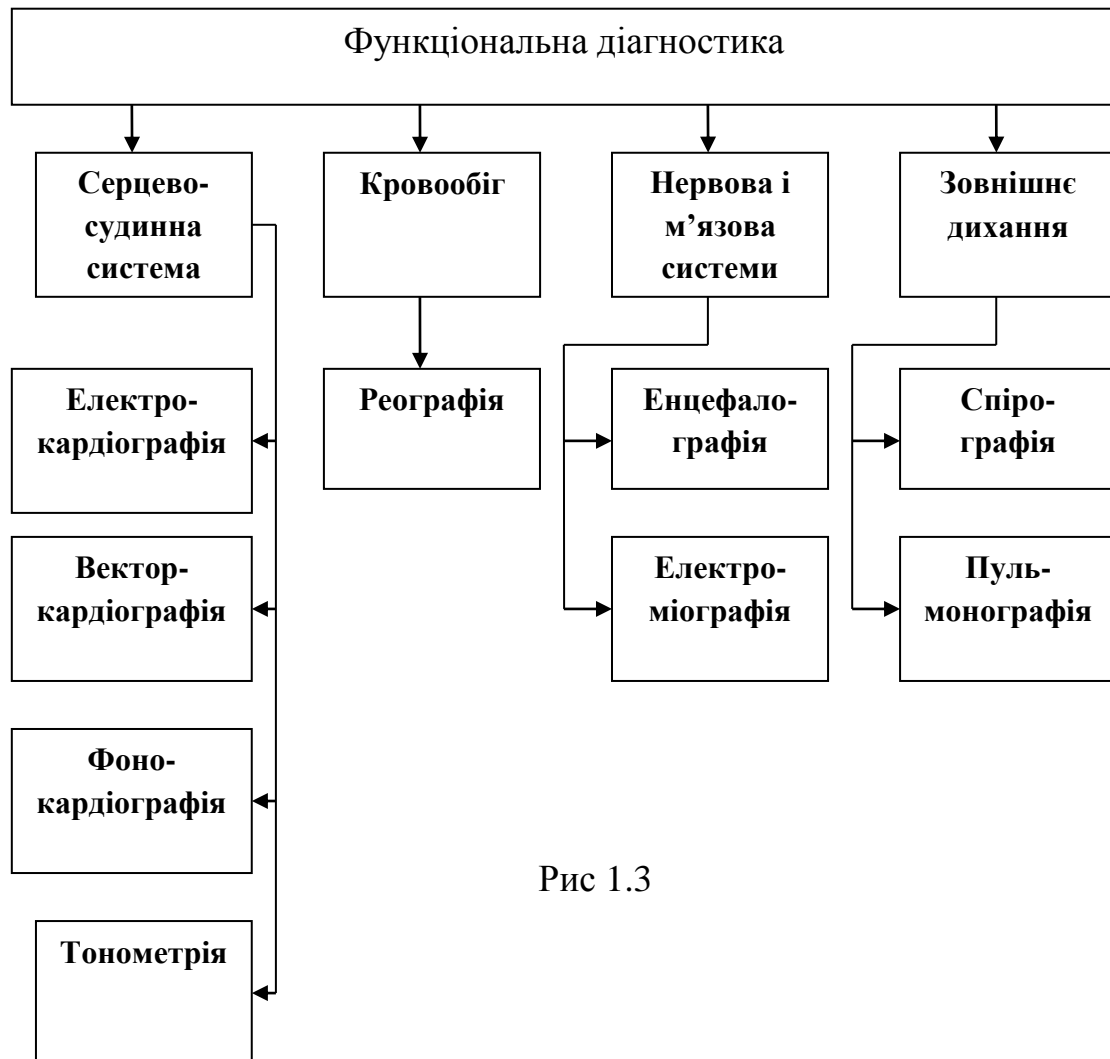


Рис 1.3

### Методи та прилади для діагностичних досліджень функцій серцево-судинної системи

1) Електрокардіографія - це метод реєстрації електричної активності міокарда, що поширюється в серцевому м'язі протягом серцевого

циклу. Графічне зображення електричної активності міокарда називається електрокардіограмою (ЕКГ). По ній визначається частота і ритмічність серцевої діяльності. Можлива діагностика аритмій, стенокардії, ішемічної хвороби серця, інфаркту міокарда та інших захворювань серцево-судинної системи.

Для отримання ЕКГ застосовують електрокардіографи. За кількістю відведень від електродів, накладених на зап'ястя рук, ліву ногу і груди, вони поділяються на одно-, двох-, трьох-, чотирьох- і шестиканальний. Багатоканальні прилади швидше здійснюють реєстрацію біопотенціалів серця, так як одночасно відбувається запис декількох відведень.[3]

Електрокардіографи випускаються портативні і стаціонарні.

Залежно від виду пишучого елемента і роду носія інформації розрізняють електрокардіографи: пір'яні (із записом чорнилом на діаграмній або теплочутливим папері) і струменеві (із записом на звичайній або фотопапері).

В даний час випускаються спеціалізовані ЕКГ - комплекси для отримання традиційних і довготривалих (24 год) кардіограм, у тому числі з автоматичною обробкою і видачею синдромальних висновків.

2) Модифікацією електрокардіографії є векторкардіографія як метод реєстрації електричної активності серця, зокрема, величини і напрямку електричного поля серця протягом серцевого циклу. У клініці метод застосовується для виявлення вогнищевих уражень міокарда, гіпертрофії шлуночків серця, особливо на ранніх стадіях.

Отримання векторкардіограмм здійснюється за допомогою векторелектрокардіографів і векторелектрокардіоскопів.

3) Фонокардіографія - це метод реєстрації звуків (тони, шуми), що виникають в результаті діяльності серця. Застосовується для визначення

порушень роботи серця, у тому числі вад клапанів. Фонокардіограма отримують із застосуванням приладів фонокардіографія.

4) Тонотрія - метод вимірювання та реєстрації артеріального тиску (АТ). Вимірювання АТ здійснюється за допомогою приладів - сфінгоманометрів (СМ) або тонометрів.

За ступенем автоматизації їх умовно поділяють на чотири групи:

1) неавтоматизовані СМ, які в свою чергу діляться на мембранні та ртутні. Складаються з манжети, ручного нагнітача повітря в манжету, манометра, стетоскопа;

2) автоматизовані СМ з ручним або автоматичним нагнітачем. Складаються з наступних основних вузлів: манжети, перетворювача тиск-сигнал, ручного або автоматичного нагнітача, клапана швидкої або повільної декомпенсації, індикатора. Деякі прилади мають вбудовані друкуючі пристрої (дисплей).

В даний час широке поширення набувають цифрові вимірювачі артеріального тиску і частоти серцевих скорочень, що дозволяють швидко і достовірно виміряти систолічний та діастолічний тиск. Вони засновані на вимірюванні АТ осцилометричний методом за допомогою датчика, вбудованого в манжету і розміщується на плечі. Результати процедури вимірювання автоматично відображаються на дисплеї. Випускаються тонометри електронні, з манжетою на передпліччя і зап'ястя, з штучним інтелектом і пам'яттю, у формі годинника, з можливістю роботи від мережі 220 В.[3]

Наприклад, компанія Аїд (Японія) випускає тонометри для вимірювання артеріального тиску і пульсу. Тонотр UA-767 - цифровий автоматичний

вимірювач артеріального тиску і пульсу; діапазон 20-280 мм рт. ст.; 40-200 уд. / хв - пульс;

3) автоматичні СМ на відміну від автоматизованих мають автоматичну манжету. Як правило, прилади такого класу встановлюються на вулиці, в установах;

4) монітори дозволяють автоматично проводити періодичні вимірювання АТ із заданим інтервалом часу, встановлювати індивідуальні аварійні кордону. Вони оснащені запам'ятовуючим пристроєм, що дає можливість накопичувати і зберігати протягом 24 год всі необхідні для подальшої обробки результати вимірювань.

В останні роки моніторне спостереження за станом організму як у стані спокою, так і при різних тестових або лікувальних впливах визнається ефективним методом діагностики. Випускаються процесорні багатоканальні монітори, одночасно реєструють різні комбінації і спільно обробляють сигнали про стан і функції різних органів та систем людини. Наприклад, одночасний запис і обробка електро- і магнітоенцефалограмми та ін.[5]



### 1.3 Аналіз і класифікація приладів для визначення ЧСС



Рис. 1.4 Ритмокардіомонітор ЕЛОН-001М2

Ритмокардіомонітор ЕЛОН-001М2 призначений для оперативного контролю стану пацієнта шляхом спостереження електрокардіограми, стеження за поточними значеннями частоти серцевих скорочень і показниками, які отримуються в результаті варіаційного аналізу ритму серця, які дозволяють у реальному масштабі часу оцінити активність симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

Прилад забезпечує безперервну реєстрацію ЕКГ, обчислення і індикацію на цифровому дисплеї значення частоти серцевих скорочень (ЧСС), сигналізацію виходу значення ЧСС за встановлені межі, аналіз серцевого ритму в реальному масштабі часу з обчисленням діагностичних показників, безперервну індикацію на цифровому дисплеї значень індексів активності симпатичного (СІМ) і парасимпатичного (ПАР) відділів вегетативної нервової системи (ВНС).

На рідкокристалічному (РК) графічному дисплеї можуть відображатися ЕКГ, тренди ЧСС, СІМ або ПАР за 20, 60 або 240 хвилин, гістограма розподілу значень довготривалих кардіоінтервалів (RR-інтервалів ЕКГ) (КД), значення статистичних параметрів розподілу КД.

Прилад дозволяє підключати принтер для друку ЕКГ, трендів ЧСС, СІМ та ПАР або гістограми розподілу КД.

Технічні дані наведенні у табл 1.1:

Вхідний опір	не менш ніж 100 МОм
Полоса пропускання	0.5-40 Гц
Вхідна напруга	0.05-5 мВ
Частота квантування	250 Гц
Амплітуда калібровочного сигналу	1 мВ
Діапазон визначення ЧСС	30-220 уд/хв
Швидкість розгортки ЕКГ	25, 50 мм/с
Діапазон установки порогів тривоги по ЧСС	40-200 уд/хв
Тривалість поддіапазона гістограми	8 мс
Діапазон значень діагностичних показань (при об'ємі виборки 100 КИ):	
ИБ менш ніж 80 од.	ваготонія
ИБ 80-160 од.	еутонія
ИБ більше 160 од.	симпатикотонія
СИМ, ПАР менш ніж 15 од.	слаба активність
СИМ, ПАР 16-30 од.	помірна активність
СИМ, ПАР більше 30 од.	висока активність
Коефіцієнт послаблення синфазних сигналів	не менш ніж 28000
Діапазон установки об'єма виборки	20-150
Відключення значення КИ от фактичного	±4 мс
Час безперервної роботи приладу	24 години
Споживає потужність від мережі змінного струму 220±22В, 50±0,5 Гц	не більш ніж 10 ВА
Габаритні розміри приладу	145x270x60 мм
Довжина кабеля електродів	не менше 2.5 м
Вага приладу	не більше ніж 1.2 кг



Рис 1.5 Монитор МПР5-02 "ТРИТОН"

Технічні характеристики.

Інтерфейс користувача

рідкокристалічний дисплей з активним підсвіткою (можливість використання в приміщенні зі зниженою освітленістю, в салоні автомобіля, вертольота);

розміри: 120x90 мм

роздільна здатність: 320x240 пікселів

світлова індикація SpO<sub>2</sub> і ЧСС, АТ

звукова індикація частоти пульсу,

комплексний світловий і звуковий сигнал тривоги,

кнопковий перемикач режимів,

маніпулятор шатл - оперативне і гнучке управління приладом.

час вимірювання: не більше 40 с.

Фіксуються тренди:

ЧСС,

SpO<sub>2</sub>%,

артеріальний тиск,

температура,

периферійне кровонаповнення.

Потужність, споживана приладом, не більше 40ВА

Габаритні розміри .....( 250x270x175) ± 2 мм

Маса ..... не більше 7 кг.



Рис 1.6 Монітор пацієнта анестезіологічний «Корос 300»

Монітор пацієнта анестезіологічний "Коросил 300" призначений для відображення на екрані дисплея двох фізіологічних кривих - електрокардіограми в одному із стандартних відведень і фотоплетізмограми периферичного пульсу, а також обчислення частоти серцевих скорочень, ступеня насичення гемоглобіну артеріальної крові киснем і показників, одержуваних у результаті варіаційного аналізу ритму серця, що дозволяють у реальному масштабі часу оцінити активність симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

Прилад дозволяє автоматично здійснювати побудова гістограми розподілу КД з кроком 8 мс, об'ємом вибірки від 20 до 150 КД.

Відображаються на дисплеї параметри та фізіологічні криві:

Значення ЧСС, значення SaO<sub>2</sub>, значення встановлених порогів спрацьовування сигналізації, ЕКГ, фотоплетізмограма

Гістограма розподілу КД

Значення моди розподілу КД

Значення амплітуди моди розподілу КД

Значення варіаційного розмаху розподілу КД

Значення СІМ

Значення ПАР

Значення ІБ

Тренди ЧСС, SaO<sub>2</sub>, СІМ, ПАР

Прилад забезпечує безперервну реєстрацію і відображення на графічному дисплеї електрокардіограми (ЕКГ) в 1 стандартному відведенні,

фотоплетізмограми периферичного пульсу (ФПП), обчислення і цифрову індикацію значення ступеня насичення гемоглобіну артеріальної крові киснем ( $\text{SaO}_2$ ), обчислення і цифрову індикацію значення частоти серцевих скорочень (ЧСС), а також аналіз серцевого ритму в реальному масштабі часу з вичисленієм індикацією діагностичних показників.

### **Технічні дані**

Діапазон вхідних напруг каналу реєстрації ЕКГ 0.03 .. 5 мВ

Чутливість каналу ЕКГ встановлюється з ряду 2.5, 5, 10, 20, 40, 80 мм/мВ

Відхилення встановленої чутливості від номінальної не більш  $\pm 10\%$

Вхідний імпеданс каналу ЕКГ не менше 15 МОм

Маса приладу не більш 2.5 кг

### **Пульсоксиметри «Елокс»**

Пульсоксиметри "Елокс-01С2" забезпечують безперервне обчислення і цифрову індикацію значення ступеня насичення гемоглобіну киснем ( $\text{SaO}_2$ ) і значення частоти серцевих скорочень (ЧСС) на цифровому дисплеї, сигналізацію виходу зазначених значень за встановлені межі.

Прилад дозволяє підключати принтер для друку трендів по  $\text{SaO}_2$  і ЧСС, а також фотоплетизмограми.

Модель "Елокс-01М2" також забезпечує відображення фотоплетізмограми і тренда насичення гемоглобіну киснем на графічному рідкокристалічному дисплеї.



Рис.1.7 Пульсоксиметр ЭЛОКС-01С2



Рис.1.8 Пульсоксиметр ЭЛОКС-01М2

Діапазон показань приладу по каналу SaO<sub>2</sub> 0. . 99%

Відхилення показань каналу SaO<sub>2</sub>

в діапазоні 80. . 99% не більш  $\pm 2\%$

в діапазоні 50. . 79% не більше  $\pm 3\%$

в діапазоні 0. . 49% не нормується

Діапазон визначення частоти пульсу 30. .250 Уд / хв

Відхилення частоти пульсу

в діапазоні 30. . 99 уд / хв не більше  $\pm 2$  уд / хв

в діапазоні 100. . 250 уд / хв не більше  $\pm 3$  уд / хв

Час встановлення показів не більше 10 с

Діапазон установки значень порога сигналізації по SaO<sub>2</sub> 50. . 95%

Діапазон установки значень порогів сигналізації по частоті пульсу  
30. . 250 уд / хв

Час безперервної роботи приладу 24 год

Потужність приладу від мережі змінного струму  $220 \pm 22\text{В}$ ,  $50 \pm 0,5$  Гц  
не більше 10 ВА

Габаритні розміри приладу 145x270x60 мм

Габаритні розміри датчика SaO<sub>2</sub> 71x25x25 мм

Довжина кабелю датчика SaO<sub>2</sub> не менше 2.5 м

Маса приладу не більш 1.2 кг

## 1.4 Опис характеристик та принципу роботи приладу ритмокардіометра «РМК-01»

Ритмокардіометр РКМ-01 призначений для вимірювання середньої частоти серцевих скорочень за електрокардіосигналами. Ритмокардіометр забезпечує світлову, звукову та електричну сигналізацію при появі чергових Р-зубців ЕКС, а також тривожну сигналізацію при відхиленні ЧСС за встановлені межі.

Прилад призначений для використання в операційних, реанімаційних, відділеннях інтенсивного контролю стану хворих з захворюваннями серцево-судинної системи (CCU) та інтенсивного догляду за хворими (ICV).

Ритмокардіометр може використовуватися як окремо, так і сумісно з іншими приладами систем Кардіокомплекса-2 і Кардіокомплекс-3 (кардіокомплекса-2 - для операційних і реанімаційних, Кардіокомплекс-3 - для палат, інтенсивного спостереження).

Зовнішній вигляд приладу показаний на рис. 1.9



Рис. 1.9

Робочі умови експлуатації: температура навколишнього середовища від 283 до 308 К (від 10 до 35 ° С) відносна вологість повітря до 80% при

температурі 298 К (25 ° С); атмосферний тиск 86-106кПа (650-800 мм рт.ст. ); напруга мережі живлення (220 +22) В, частотою (50 +0,5) Гц і вмістом гармонік до 5% .

#### 1.4.1 Технічні дані приладу

Прилад забезпечує вимірювання і цифрову індикацію середньої частоти серцевих скорочень в діапазоні від 0 до 200 з похибкою не більше  $\pm (0,01 P + 2)$ , де Р-вимірювана ЧСС.

Час вимірювання ЧСС становить 30 с.

Прилад забезпечує нормальну роботу при подачі на вхід ЕКС з амплітудою R-зубця не менше 0,2 мВ при будь-якій його полярності і при наявності сигналу синфазної перешкоди з частотою мережі живлення напругою не більше 250 мВ середньоквадратичного значення.

Показання індикатора вхідного сигналу "РІВЕНЬ" при кнопці "УСИЛЕНИЕ-МАКС." повинні знаходитися в межах червоного сектора шкали при подачі на вхід приладу ЕКС з амплітудою R-зубця 2мВ.

Прилад має світлову і звукову сигналізацію тривоги при з-трансформаційних змін ЧСС за встановлені межі.

Установка меж тривожної сигналізації проводиться дискретно з наступними значеннями: нижня межа - 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140 скорочень за хв; верхня межа - 40, 50, 60, 90 , 100, 120, 130, 140, 160, 180 скорочень у хв.

Похибка установки меж тривожної сигналізації не пере-щує +5 скорочень в МІН.

Виникнення тривожної сигналізації при включеному тумблері ЗАТРИМКА має відбуватися через (20 + 5) з від моменту відходу ЧСС за встановлені межі.

Прилад має: вихід напруги, пропорційного ЧСС (при з-трансформаційних змін ЧСС від 0 до 200.1/мін, напруга на виході змінюється від 0 до мінус 3 В з наведеної похибкою не більше +3%; вихід напру-вання



тривожної сигналізації величиною не менше 4 В при опорі  $\tau$  нии зовнішнього навантаження 3 кОм; вихід імпульсів позитивної полярнос  $\tau$  ти, відповідних R-зубця ЕКС, з тривалістю 5-Ю мс, амплітудою  $\tau$  дой не менше 2 В при опорі зовнішнього навантаження 2 кОм.

Рітмокардіометр має сигнал самоконтролю та калібрування з годину  $\tau$  тотой імпульсів  $(ICO + 5)$  імп / хв.

Напруга індустріальних радіозавод у діапазонах частот від 0,15 до 0,5 МГц не перевищує 80 дБ; вище 0,5 до 2,5 МГц - 74 дБ; ви-ше 2,5 до 30 МГц - 66 дБ.

З електробезпеки рітмокардіометр відповідає ГОСТ 12.2.025-76 і виконаний по класу захисту II і за типом захисту В.

Прилад забезпечує технічні характеристики після часу встановлення робочого режиму, рівного 5 хв.

Прилад допускає безперервну роботу в робочих умовах протягом 72 год при збереженні своїх технічних характеристик.

Живлення: мережа змінного струму напругою  $(220 + 22)$  В, частоті  $(50 + 0,5)$  Гц і вмістом гармонік до 5%; Габаритні розміри приладу не більше 335 x 138 x 395 мм. Маса приладу не більше 6 кг.

Основні приладдя до приладу РКМ-01 зображенні на рис. 1.10

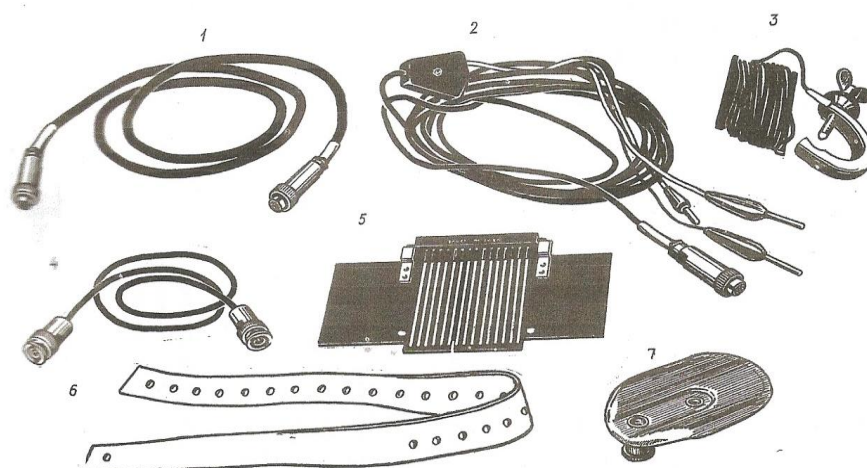


Рис. 1.10

1 – кабель «184»; 2 – кабель «175»; 3 – шнур робочого заземлення;  
4 – кабель «171»; 5 – перехідна плата; 6 – ремінь; 7 – електрод ЕКГ.



### **1.4.2 Електрична функціональна схема приладу ритмокардіометра РКМ-01**

У якості вхідного сигналу використовуються біопотенціали серця, що відводяться від поверхні тіла з допомогою трьох електродів. Через кабель відведень електрокардіосигнал надходить на уопітель ЕКС з симетричним входом. Для надійного виділення Р-зубця використано принципи частотної, тимчасовою і амплітудної селекції, а також двох-полуперіодного детектування сигналу

Електрична функціональна схема приладу приведена на рис.1.12

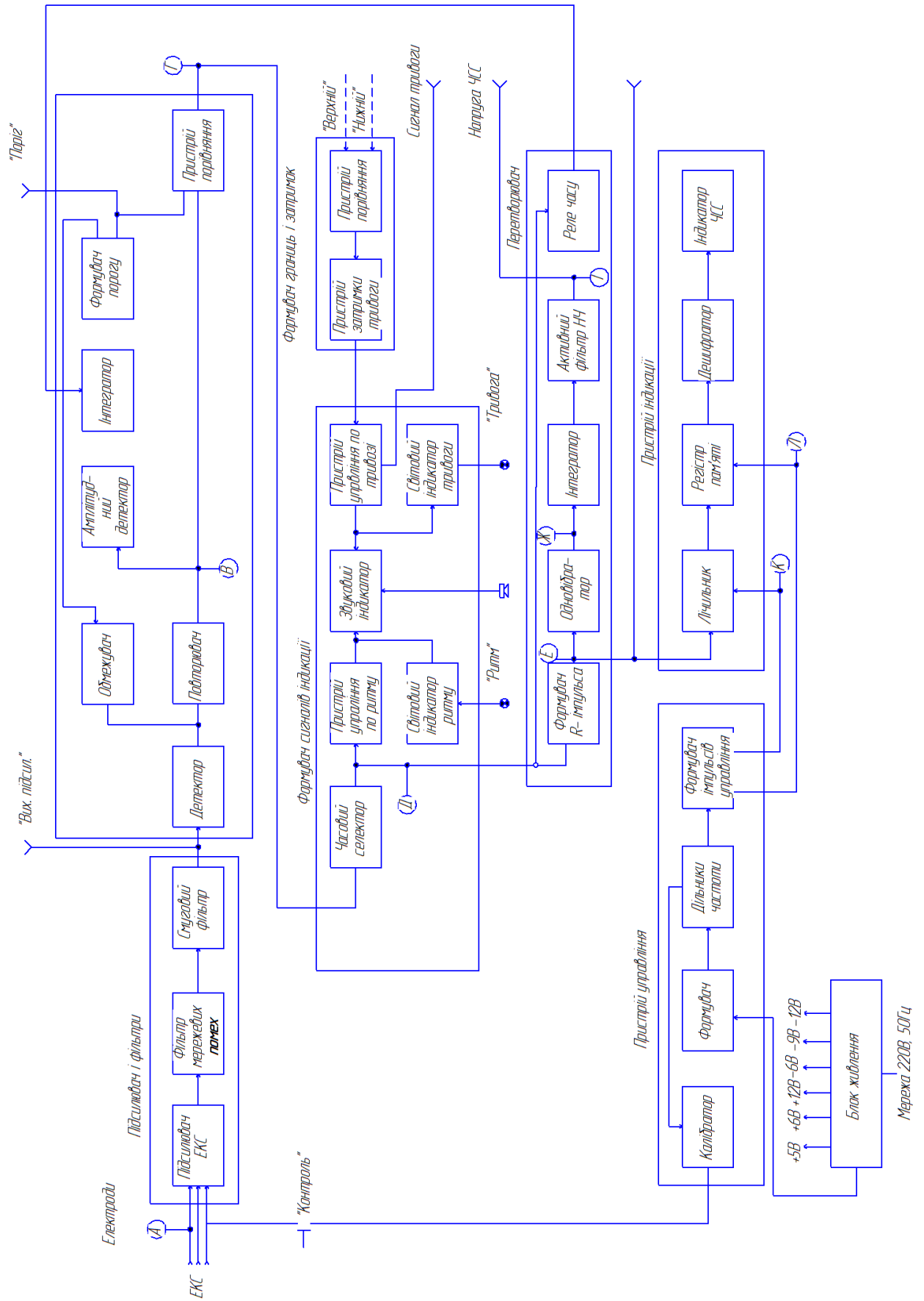


Рис. 1.12

Посилений сигнал проходить через фільтр мережєвих перешкод і далі піддається частотної селекції за допомогою активного смугового фільтра. Виділений сигнал посилюється, детектується і через пов торювач надходить на пристрій, де порівнюється з граничною напругою. Порогова напруга, пропорційна амплітуді сигналу, формується за допомогою амплітудного детектора, інтегратора і схеми формування порога.

Напруга, що становить 130-140 % від середньої амплітуди Е-зубців, надходить на вхід обмежувача, що запобігає перевантаження при значному збільшенні короткочасної амплітуди сигналу.

Порогова напруга, що становить 60-80 % від середньої амплітуди Я-зубців, надходить на пристрій порівняння. При перевищенні сигналом рівня порогової напруги пристрій порівняння виробляє короткі імпульси, що надходять на тимчасовій селектор. Схема часівної селекції спрацьовує від першого імпульсу, що запускає і потім стає нечутливою до запуску на час, що становить приблизно 0,4 інтервалу РІ ЕКС, тобто на час тривалості ОТ. Імпульси з виходу схеми тимчасової селекції управляють пристроєм світлової та звукової індикації ритму, а також надходять на схему формування нормованих імпульсів, відповідних Р-зубців ЕКС.

З виходу формувача Р-імпульси надходять одночасно на запуск схеми перетворювача частоти в напругу, на лічильник пристрою індикації, а також на вихідний роз'єм приладу. У пристрої індикації проводиться підрахунок числа Р-імпульсів за поточні 30 с при одночасному збільшенні цього числа на 2, запам'ятовування результату рахунку на час вимірювання, дешифрування коду та цифрова індикація ЧСС на трьох розрядного табло. Пристрій індикації управляється строб- імпульсами для завантаження регістра пам'яті і установки в нульовий стан схеми лічильника. Ці імпульси визначають час вимірювання і утворюються в пристрої керування в такий спосіб. Сигнал з частотою живильної прилад мережі надходить на схему формувача, де з нього формуються прямокутні імпульси позитивної полярності тривалістю 10 мс.

Далі виробляється розподіл частоти до  $\sim 30$  Гц і дешифрування строб-імпульсів, зсунутих до 10 мс, для управління пристроєм індикації.

Перетворювач частоти Р-імпульсів в напругу необхідний для роботи схеми тривожної сигналізації, а також для передачі даних про ЧСС під зовнішнє контрольний пристрій Кардіокомплекса-3 при неналежного використання рітмокардіометра в його складі. Перетворення частоти здійснюється інтегруванням імпульсів, що мають нормований час і амплітуду. Також імпульси формуються одновібратором і інтегруються ЄС-ланцюгом інтегратора. Після проходження через активний фільтр нижніх частот напруга, пропорційне ЧСС, надходить на пристрій порівняння формувача меж і затримки, а також на вихідний роз'єм приладу. При виході ЧСС за межі, встановлені за допомогою перемикачів ВЕРХНІЙ і НИЖНІЙ на передній панелі приладу, пристрій порівняння виробляє сигнал тривоги. Останній поступає на пристрій затримки тривоги, де протягом часу затримки перевіряється істинність тривоги. Таким чином виключаються помилкові спрацьовування при короткочасних порушеннях контакту між електродами і пацієнтом. У випадку, якщо сигнал тривоги продовжує поступати на пристрій затримки протягом приблизно 20 с, пристрій управління по тривозі включає світловий і звуковий індикатори тривоги.

При необхідності роботи без затримки тривоги пристрій може бути виключено з роботи тумблером ЗАТРИМКА, розташований на задній стінці приладу.

Для зменшення часу спаду порогової напруги при різкому зменшенні амплітуди ЕКС служить схема реле часу, керованими імпульсами з виходу тимчасового селектора. Якщо ці імпульси відсутні більш 4 с, реле часу формує напругу, яка поступає на інтегратор пристрою формування порога і призводить до швидкого падіння порогу до значення, близького до амплітуди Р-зубців.

Після цього відбувається виділення чергового Р-зубця і напруга на виході реле часу зникає.

Для перевірки працездатності ритмокардіометра служить Калібратор, що виробляє прямокутні імпульси з амплітудою близько 1мВ і частотою 100 імпульсів за хв, які подаються на вхід підсилювача ЕКС при натисканні кнопки КОНТРОЛЬ.

Тимчасові діаграми тракту посилення та виділення Р-зубця наведенні на рис. 1.13

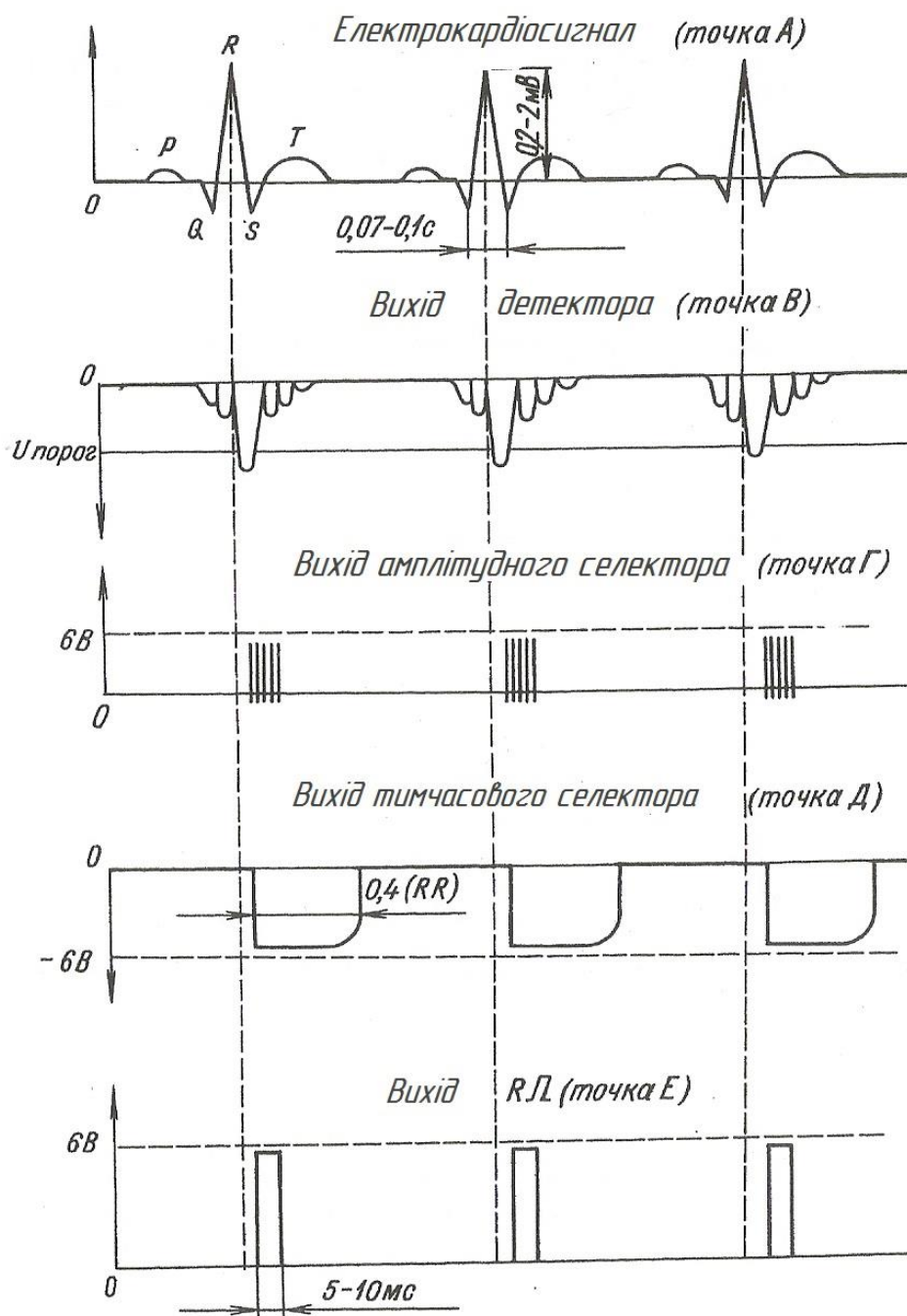


Рис. 1.13

### 1.4.3 Конструктивне оформлення приладу

Органи управління та контролю і приєднувальні роз'єми розташовані на передній панелі і задній стінці приладу.

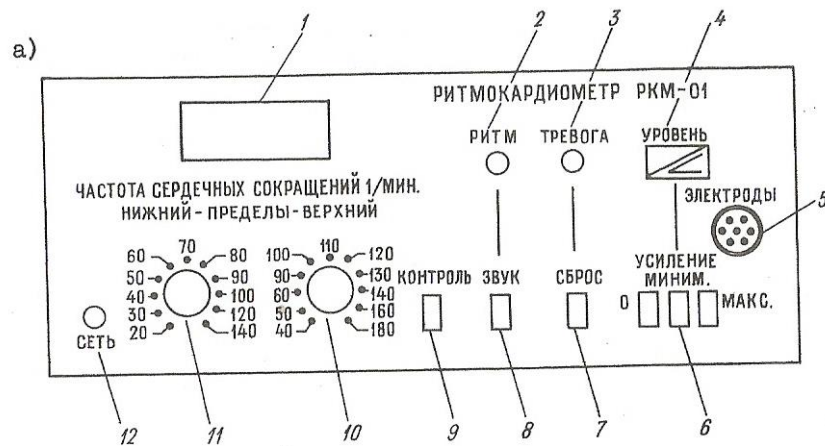


Рис. 1.14 а

На передній панелі розташовані наступні органи управління та індикації й рознімання (рис. 1.14 (а)): **1** - цифрове табло для індикації ЧСС ЧАСТОТА серцевих скорочень 1/хв, **2** - лампа РИТМ - для індикації ритму серцевих скорочень, **3** - лампа ТРЕВОГА – для індикації відходу частоти серцевих скорочень за нижній або верхній панелі, **4** - стрілочний індикаторний прилад РІВЕНЬ - для індикації рівня вхідного сигналу; **5** - роз'єм ЕЛЕКТРОДИ - для підключення кабеля відведень; **6** - перемикач кнопковий ПОСИЛЕННЯ - для вибору чутливості приладу; **7** - кнопка СБРОС - для скидання тривожної сигналізації; **8** - кнопка ЗВУК - для включення звукової індикації ритму; **9** - кнопка КОНТРОЛЬ - для включення калібратора; **10, 11**-перемикачі МЕЖІ - для установки верхнього і нижнього меж тривожної сигналізації; **12**- лампа МЕРЕЖА - для індикації включення мережі.



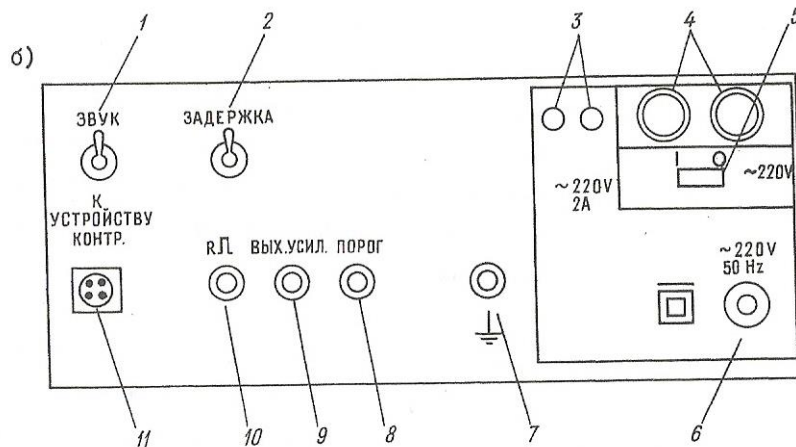


Рис. 1.14 б

На задній стінці розташовані (рис. 1.14 (б)): **1** - тумблер ЗВУК - для включення і виключення звукової індикації ритму і тривоги, **2** - тумблер ЗАТРИМКА - для включення затримки спрацьовування тривожної сигналізації, **3** - гнізда " $\sim 220\text{ V}$ ,  $2\text{ A}$ " - мережеві гнізда для можливості включення іншого приладу, **4** - мережеві запобіжники; **5**-кнопка " $\sim 220\text{ V}$ " - для включення приладу; **6** - введення мережного шнура **7** - клемма робочого заземлення, **8** - гніздо ПОРІГ - для контролю граничної напруги; **9** - гніздо ВИХ.УСИЛ.- Для контролю сигналу на виході підсилювача ЕКС; **10** - роз'єм "І-Л" - вихід імпульсів, що відповідають І-зубця ЕКС; **11** - роз'єм ДО УЛАШТУВАННЯ КОНТР.- Для з'єднання про контрольним пристроєм Кардіо-окомплекта -3 при спільній з ним роботі.

Рітмокардіометр РКМ-01 виконаний у вигляді настільного переносного приладу в металічному корпусі. Основні елементи електричної схеми приладу розташовані на друкованих платах У1-У8, які з по-міццю роз'ємів вставляються в комутаційну плату. Плата індикації У-9 встановлена на передній панелі приладу. Для того, щоб розкрити прилад, необхідно зняти спочатку бічні стінки, потім верхню і нижню кришки. При цьому відкривається доступ до всіх елементів схеми.

## 1.5 Розрахунок коефіцієнта підсилення для мікросхеми електричної принципової схеми підсилювача і фільтрів та розрахунок резисторів.

### 1.5.1 Розрахунок коефіцієнта підсилення.

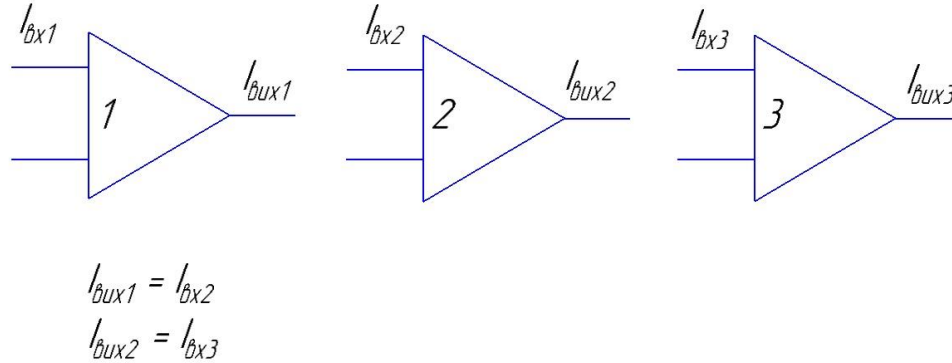


Рис. 1.15

Розрахунок коефіцієнта підсилення обчислюється за такою формулою:

$$K_{\Pi} = \frac{I_{\text{вих}}}{I_{\text{вх}}} \quad (1.1)$$

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт підсилення

$$I_{\text{вх}1} = 95 \text{ мА}$$

$$I_{\text{вих}1} = I_{\text{вх}2} = 95 \text{ мА}$$

$$I_{\text{вих}2} = I_{\text{вх}3} = 0.98 \text{ А}$$

$$I_{\text{вих}3} = 9.6 \text{ А}$$

Маємо наступні розрахунки :

$$K_{\Pi I_1} = \frac{I_{\text{вих}1}}{I_{\text{вх}1}} = \frac{95 \text{ мА}}{8 \text{ мА}} = 11.87 \quad (1.2)$$

$$K_{\Pi I_2} = \frac{I_{\text{вих}2}}{I_{\text{вх}2}} = \frac{I_{\text{вих}2}}{I_{\text{вих}1}} = \frac{0.98 \text{ А}}{95 \text{ мА}} = \frac{988 \text{ мА}}{95 \text{ мА}} = 10.4 \quad (1.3)$$

$$K_{пI_3} = \frac{I_{вих3}}{I_{вих2}} = \frac{I_{вих3}}{I_{вих2}} = \frac{9.6 \text{ A}}{0.98 \text{ A}} = 9.79 \quad (1.4)$$

### 1.5.2.Розрахунок резисторів $R_{10}$ , $R_{14}$ та $R_{16}$ .

Розрахунок резистора обчислюється за такою формулою:

$$R = \frac{U}{I} \quad (1.5)$$

$R$  – опір резистора

$U$  – напруга

$I$  – струм

$$R_{10} = \frac{U_{10}}{I_{10}} = \frac{3.9 \text{ В}}{1 \text{ мА}} = \frac{3.9 \text{ В}}{1 \times 10^{-3} \text{ А}} = 3.9 \times 10^3 = 3.9 \text{ кОм} \quad (1.6)$$

$$R_{16} = \frac{U_{16}}{I_{16}} = \frac{4.4 \text{ В}}{4 \text{ мкА}} = \frac{4.4 \text{ В}}{4 \times 10^{-6}} = 1.1 \times 10^6 = 1.1 \text{ МОм} \quad (1.7)$$

$R_{14}$  розраховується для різних частотних систем живлення з врахуванням паразитних ємностей.

Для частоти 50 Гц значення  $R_{14}$  буде таким :

$$R_{14} = 158 \text{ кОм}$$

Для частоти 60 Гц значення  $R_{14}$  буде менше :

$$R_{14} = 133 \text{ кОм}$$

Так як, реактивний опір визначається змінної ємності, то з врахуванням цих складових значення  $R_{14}$  буде різним. Це можна побачити з наступної формули:

$$Z = R + jX \quad (1.8)$$

Де  $Z$  – повний опір;  $R$  – величина активного опору;  $X$  – реактивний опір;  $j$  – мніма одиниця.

З цієї формули ми бачемо наступне :

$$X = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1.9)$$

Де  $\omega$  – циклічна частота, вона дорівнює  $2\pi f$ , де  $f$  – це частота струму.

## **1.6 Правила експлуатації та вказівки заходів без небезпеки**

### **ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Перед початком експлуатації приладу слід перевірити комплектність; відсутність видимих механічних пошкоджень, наявність і міцність кріплення органів управління і комутації, чіткість фіксації їх положень, наявність запобіжників; відсутність механічних пошкоджень або ослаблення кріплень елементів схеми (визначається на слух при нахилах приладу).

### **ВКАЗІВКИ ЗАХОДІВ БЕЗ НЕБЕЗПЕКИ**

При роботі з ритмокардіометром РКМ-01 необхідно дотримуватися діючим правилам з техніки безпеки при роботі з електроустановками.

Прилад не потребує захисному заземленні при самостійній його роботі.

При проведенні вимірювань, при обслуговуванні та ремонті, у разі використання приладу спільно з іншими приладами або включення його до складу установок, необхідно для вирівнювання потенціалів корпусів з'єднати між собою з'єднані з корпусом клеми всіх приладів. Включення приладу для регулювання і ремонту з знятими стінками дозволяється тільки особам, які пройшли відповідний інструктаж щий. При ремонті приладу не допускати зіткнення з первинною обмоткою силового трансформатора, напруга на якій може досягати 242 В. Всі інші напруги, що живлять схему приладу, небезпеки для оператора не представляють.

Ремонтувати прилад можуть особи, які мають допуск до роботи з напругою до 1000 В.

## 1.7 Технічне обслуговування приладу

### 1.7.1 Алгоритм пошуку несправності і спосіб їх усунення

Для доступу до складових частин приладу при ремонті необхідно вимкнути прилад з мережі і розкрити його відповідно до вказівок.

Перш, ніж починати ремонт несправної складової частини, необхідно перевірити надходження на неї вхідних сигналів та наявність номінальної напруги, керуючись наведеними електричними принциповими схемами, режимами в контрольних точках.

Перелік найбільш ймовірних несправностей і вказівки щодо їх усунення наведені в табл.1.2.

Назва несправностей, зовнішнє виявлення і додаткові причини	Імовірна причина несправності	Метод усунення
При включенні кнопки «220 В» не загорається індикаторна лампа включення мережі	Перегоріла лампа. Перегоріли запобіжники, які знаходяться на задній стінці приладу.  Відсутній контакт в кнопці включення приладу.	Замінити лампу. Замінити запобіжники, при повторному перегоранні відшукати замикання в ланцюгах живлення. Замінити перемикач В7
При подачі сигналу на вхід приладу, а також при натисканні кнопки КОНТРОЛЬ немає цифрової, світової і звукової індикації ЧСС	Вийшов з ладу один або декілька елементів тракту підсилення і селекції сигналу.	Перевірити присутність імпульсу R на виході. Перевірити присутність сигналу на виході підсилювача.(гніздо ВИХ. ПІДСИЛ.) У випадку відсутності або невідповідності сигналів перевірити роботи плат підсилювача і фільтрів, детектора, компаратора і формувача сигналів індикації. Замінити невіправні елементи.

При присутності і звуковій індикації ЧСС не працює індикація тривоги при відході ЧСС за встановлені границі.	Вийшов з ладу один або декілька елементів плати перетворювача або формувача границь і затримок.  Вийшов з ладу один або декілька елементів один або декілька елементів схеми індикації тривоги.	Перевірити роботу плат перетворювача і формувача границь і затримок по режимам в контр. точках. Замінити несправні елементи. Виміряти напругу в контрольних точках плати формувача сигналів індикації. Замінити несправні елементи.
На цифровому табло з'являються невірні показники.	Не працює лічильник або реєстр пам'яті ЧСС.  Не працюють дільники або дешифратори пристрою управління.	Перевірити роботу елементів в платі пристрою індикації. Перевірити роботу пристрою управління. Замінити несправні елементи.
При натисканні кнопки КОНТРОЛЬ немає цифрової, світової і звукової індикацій.	Відсутній контакт в перемикачі. Не працює схема калібратора.	Здійснити повторне включення до досягнення ефекту. Якщо контакт не встановлюється-замінити перемикач В1. Перевірити роботу схеми калібратора на платі пристрою управління. У випадку необхідності замінити мікросхему У9.
Немає звукової індикації ЧСС	Не працює генератор на транзисторі Т6 плати формувача сигналів індикації.	Перевірити справність транзистора Т6, у випадку необхідності, замінити його. Перевірити наявність живлення 12В.
Немає світової індикації ЧСС	Перегоріла лампа РИТМ. Не працює схема світової індикації на транзисторах Т4 і Т5 плати формувача сигналів індикації	Замінити лампу Л1. Перевірити справність транзисторів Т4 і Т5 і в випадку необхідності замінити несправний елемент.

Перевірка і регулювання друкованих плат здійснюється за допомогою перехідної плати, що надається в комплекті укладання приладу

Після усунення несправностей або заміни елементів необхідно провести регулювання приладу. Установку режимів виробляти при натиснутій кнопці ПОСИЛЕННЯ-О.

При регулюванні плати детектора і компаратора необхідно за допомогою резистора RI4 по вольтметру В7-22 або В7-І6 встановити 0 В в контрольній точці "В", мінус 0,2 В в контрольній точці "Е".

При регулюванні плати перетворювача слід натиснути кнопку ПОСИЛЕННЯ - МАКС. На вхід приладу через кабель відведень від генератора Гб-28 подати сигнал пілообразной форми амплітудою 1мВ, частотою близько 3,33 Гц. Змінюючи частоту генератора, встановити на цифровому табло приладу РКМ-01 показання "200". Резистором RI7 встановити в контрольній точці "Е" постійна напруга мінус 3 В.

### 1.7.2 Повірка приладу

Цей розділ встановлює методи і засоби перевірки ритмокардіометров РКМ-01. Перевірка параметрів ритмокардіометра РКМ-01 повинна проводитися не рідше 1 разу на рік.

#### Операції та засоби повірки

При проведенні повірки повинні проводитися і застосовуватися середовища повірки, зазначені в таблиці 1.3.

Найменування операцій, які проводяться при повірці	Повіряємі відмітки	Допустимі значення похибок або граничні значення параметрів, що визначаються	Засоби основні	Повірки Домоміжні
Зовнішній огляд				





сигналізації				
--------------	--	--	--	--

Технічні характеристики основних і допоміжних засобів наведені в таблиці 1.4.

Найменування засобів повірки	Основні технічні характеристики засобів повірки		Рекомендован ий засіб повірки (тип)	Примітка
	Границі вимірюван ня	Похибк а		
Генератор сигналів спеціальної форми	(0,02-0,2)В (0,3-3,5)Гц	±3%	Г6-28	Пиловидне навантаженн я
Генератор сигналів низькочастотний	8В; 20-100Гц	±4%	Г3-102	Синусоїдаль на напруга
Частотомір	(10 <sup>-3</sup> -10)с	<0,1%	ЧЗ-54	
Вольтметр універсальний	(0-10)В	±(0,5+ +0,2 U <sub>к</sub> /U <sub>к</sub> ) ,%	В7-16	U <sub>к</sub> -напруга кінця шкали, U <sub>х</sub> - виміряна напруга
Мілівольтмикроампере метр	(0-1)мА	±4%	Ф431/2	
Мегометр	(0- 500)МОм, 500В	±1%	М4100	
Вольтметр	(0-250)В	±1,5%	Д180	
Трансформатор з дільником				

Навантаження	30 кОм	±5%	МЛТ-0,25	
Навантаження	3 кОм	±5%	МЛТ-0,25	

При проведенні операцій повірки повинні дотримуватися такі умови: температура навколишнього середовища  $293\text{ К} + 5\text{ К}$  ( $20\text{ }^{\circ}\text{C} + 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); відносна вологість повітря  $65\% + 15\%$ ; атмосферний тиск  $100\text{ кПа} + 4\text{ кПа}$  ( $750\text{ мм рт.ст.} + 30\text{ мм рт.ст.}$ ); напруга живильної мережі  $220\text{ В} + 4,4\text{ В}$ , частотою  $50\text{ Гц} + 0,5\text{ Гц}$  і з вмістом гармоник до видання %. Перед проведенням операцій повірки необхідно розмістити прилад і необхідні засоби перевірки на робочому місці і підключити їх до мережізмінного струму напругою  $220\text{ В}$ , частотою  $50\text{ Гц}$ . Ввімкнути прилади і дати їм прогрітися протягом часу, зазначеного в технічних описах на них.

### 1.7.3 Визначення метрологічних параметрів

#### Визначення чутливості приладу

Визначення чутливості приладу проводиться в такій послідовності: з'єднати ртмокардіометр РКМ-01 з вимірюючими приладами за схемою, наведеною на рис.1.16; натиснути кнопку ПОСИЛЕННЯ - МАКС, ритмокардіометра; встановити частоту генератора Г6-28  $1\text{ Гц}$  (період дорівнює  $1000\text{ мс} + 10\text{ мс}$  по частотоміри), форму сигналу " $\wedge / L$ ", амплітуду сигналу  $0,02\text{ В}$ ; встановити на генераторі ГЗ-102 частоту живильної мережі  $50\text{ Гц}$  ( $60\text{ Гц}$  для спеціального виконання), напруга на виході  $250\text{ мВ}$ ; при цьому ритмокардіометр повинен показувати  $(60 \pm 2)$  серцевих скорочень у хв, а спалахи лампи РИТМ і імпульси звукового сигналу повинен відбуватися без зривів з частотою сигналу, що подається ( $60$  на хвилину).

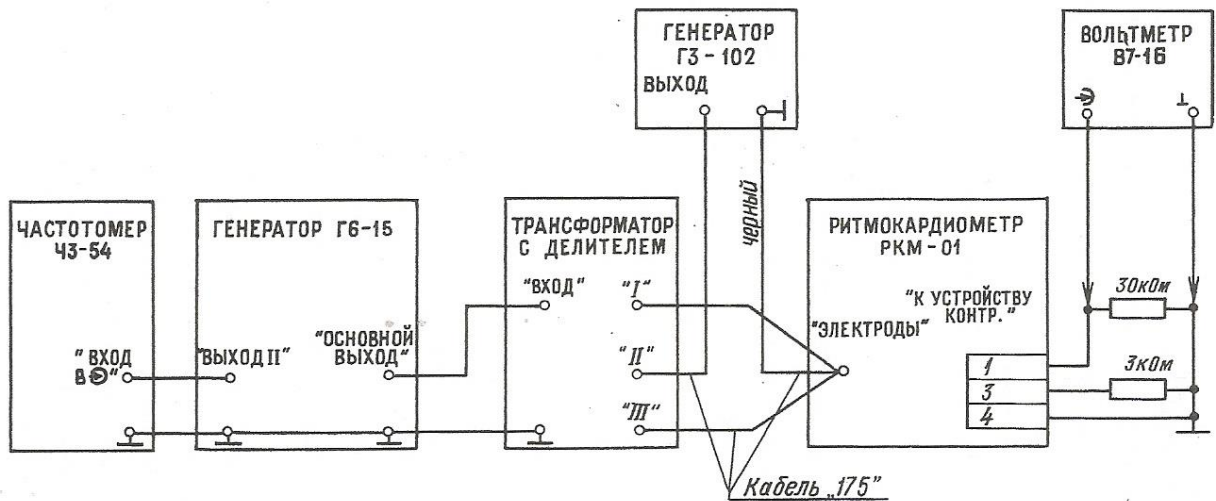


Рис. 1.16 Схема з'єднання приладу для повірки

Перевірку слід робити протягом не менше 3 хв. Не змінюючи посилення ритмокардіометра, збільшити напругу на виході генератора Г6-28 до 0,2 В. При цьому стрілка приладу РІВЕНЬ не повинна виходити за межі червоного сектора шкали. Результати перевірки вважаються задовільними при стійкій роботі приладу протягом не менше 3 хв.

#### 1.7.4 Алгоритм технічного обслуговування

Профілактичні роботи проводяться з метою забезпечення постійної готовності до роботи ритмокардіометра у період його експлуатації особами, які безпосередньо експлуатують аналізатор. Види і періодичність технічного обслуговування наведені в таблиці 1.5. Перевірку комплектності ритмокардіометра проводити звіркою фактичної наявності приладів, інструменту і приладдя записами розділу "комплектівочні" паспорта аналізатора.

Таб. 1.5 Види і періодичність технічного обслуговування

Зміст роботи	Періодичність
1. Перевірка комплектності ритмокардіометра	При введенні в експлуатацію і при передачі ритмокардіометра в іншу експлуатаційну організацію
2. Зовнішній огляд	Перед вимірюваннями
3. Перевірка функціонування ритмокардіометра	Перед вимірюваннями і в процесі вимірювання з періодичністю, вказаній в інструкції.

Таб. 1.5 Види і періодичність технічного обслуговування

Зовнішній огляд проводити при виїзних з мережі виїздах кабелів живлення. Перевірці підлягають кріплення тумблерів, кнопок і роз'ємів, об'єктива, стан лакофарбових і гальванічних покриттів, наявність захисних кришок. При необхідності видалити м'яким пензликом або чистою ганчіркою (серветкою) пил і сторонні частинки з робочих поверхонь. Щомісячне технічне обслуговування включає в себе також щотижневий технічний обслуговування. Про проведенні щомісячного технічного обслуговування виконати підсумковий запис у паспорті ритмокардіометра по наведеній у ньому формі.

### 1.7.5 Поточний ремонт

Загальні положення

- Поточний ремонт є позаплановим видом ремонту, що виконується для забезпечення і відновлення працездатності приладу і що полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин приладу.

- Поточний ремонт виконується, як правило, на місці застосування приладу силами і засобами фахівців експлуатаційного і інженерно-технічного персоналу, з числа представників заводу-виробника.
- В окремих випадках поточний ремонт проводиться в умовах ремонтних органів.

Поточний ремонт проводиться за наступним принципом:

- а) При порушенні працездатності прилад необхідно відключити від живлячої мережі і провести часткове розбирання, для чого необхідно видалити гвинти, що кріплять кожух приладу, і зняти кожух.
- б) Усунення складових частин приладу проводиться методом їх заміни або відновним ремонтом.
- в) Після усунення несправностей провести регулювання приладу з метою відповідності основних технічних характеристик паспортним даним.
- г) Провести збірку приладу, поставити на місце кожух і закріпити його гвинтами, опломбувати прилад.

## **II. Технологічна частина**

Під технологічністю приладу розуміють можливість виготовлення будь-якого виробу найбільш простим та дешевим способом, також вона є головним показником кон'юктурності та забезпечення ефективного збуту при високій якості виробу.

## 2.1. Визначення технологічності конструкції приладу

### Опис уніфікації деталей та СО приладу.

Табл.2.1 «Опис уніфікації деталей приладу»

№	Назва деталі	Кількість деталей	Уніфікація
	Нижня панель	1	Уніф
2	Ніжка	4	Уніф
3	Плата керування	1	Н/уніф
4	Стійка	4	Н/уніф
6	Кришка	1	Уніф
7	Бокова панель	2	Н/Уніф
8	Передня панель	1	Н/уніф
9	Задня панель	1	Уніф
11	Перемикач	2	Уніф
12	Кнопка	3	Уніф
13	Роз'єм	1	Уніф
14	Світло індикація	3	Уніф
15	Перемикач 3 поз.	1	Н/уніф
16	Блок індикації	1	Н/уніф
17	Екран	1	Н/уніф
5	Гвинт М4	12	Уніф
10	Гвинт М4	8	Уніф



Табл.2.2 «Опис уніфікації СО приладу»

№	Назва СО	Кількість	Уніфікація
A1	Кожух	1	Уніф
A2	Блок керування	1	Н/Уніф
A3	Панель в зборі	1	Н/Уніф
A4	Опорний корпус	1	Уніф

1) Показник трудомісткості виготовлення виробу в цілому визначається за формулою (2.1):

$$K_T = \frac{T_{\sum \text{вир.}}}{T_{\sum \text{баз.вир.}}} \quad (2.1)$$

де  $T_{\sum \text{вир.}}$  - очікуєма загальна трудомісткість виготовлення даного виробу,

$T_{\sum \text{баз.вир.}}$  - трудомісткість виготовлення базового виробу, що випускався раніше.

$$T_{\sum \text{вир.}} = \sum_{i=1}^p T_{ni},$$

де  $T_{ni}$  - число всіх технологічних процесів.

2) Показник собівартості, який визначає ціну на ринку визначаємо за формулою(2.2):

$$K_C = \frac{C_{\sum \text{вир.}}}{C_{\sum \text{баз.вир.}}} \quad (2.2)$$

$$C_{\sum \text{вир.}} = C_{\text{вир.}} + \frac{C_{\text{ТПП}}}{N},$$

де  $C_{\sum \text{вир.}}$  - витрати всього виготовлення приладу, накладних витрат (у

приладобудуванні до 300%),

$C_{тпш}$  - витрати на обладнання, стенди.

Ці критерії розраховуються безпосередньо на кожному виробництві самостійно під свої економічні можливості, тому в даному дипломному проекті вони розраховуватися не будуть.

### Розрахунок технологічності :

$$N_{\Sigma} := 4 \quad \text{основних СО}$$

$$n_{\Sigma} := 17$$

$$K_{\text{скл}} := \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}} = 0.235 \quad \text{За показником складності технологічність задовільна}$$

$$N_y := 2$$

$$n_y := 10$$

$$K_y := \frac{N_y + n_y}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}} = 0.571 \quad \text{За показником уніфікації технологічність задовільна}$$

$$K_{y\text{CO}} := \frac{N_y}{N_{\Sigma}} = 0.5 \quad \text{За показником уніфікації СО технологічність добра}$$

$$K_{y\text{д}} := \frac{n_y}{n_{\Sigma}} = 0.588 \quad \text{За показником уніфікації деталей технологічність задовільна}$$

$$K_{y\text{н.ОП}} := 1 \quad \text{За показником уніфікації операцій технологічність добра}$$

$$K_{\Sigma} := \frac{K_{\text{скл}} + K_y + K_{y\text{CO}} + K_{y\text{д}} + K_{y\text{н.ОП}}}{5} = 0.579$$

За комплексним показником уніфікації виробу технологічність задовільна

## 2.2 Проектування технологічного процесу складання РКМ - 01

Ритмокардіометр РКМ-01 складається наступним чином:

Спочатку збирають блок керування: нижню панель поз. 1 перевертають її отворами з цековкою донизу, встановлюють ніжки поз 4 і кріплять їх гвинтами поз. 5 та стійками поз. 4. Далі на стійки встановлюють керуючу плату і закріплюють її гвинтами поз. 5, вузол зібрано.

Далі збирають кожух із деталей поз 5, 7, 6. До отворів М4 кришки з нижньої сторони ставлять дві бокові панелі, причому одна відносно іншої має бути перевернутою, панелі кріплять гвинтами М4 поз. 5. Кожух встановлюють на блок керування спів ставляючи отвори М4 і з'єднують гвинтами М4 поз. 5 отримуючи при цьому опорний корпус.

Наступним етапом складання є збірка передньої панелі. У передню панель поз. 8 встановлюють перемикач 3 поз. поз. 15 у прямокутний отвір довжиною 25мм, блок індикації поз. 16 встановлюється в прямокутний отвір довжиною 21, у отвір довжиною 15 вставляють екран поз. 17. В три прямокутні отвори що лишилися вставляють кнопки поз. 12, в отвори Ø12 вставляють два перемикача поз. 11, роз'єм поз. 13 вставляють у отвір Ø8, світло індикацію поз. 14 вставляють у отвори Ø3.

Зібрану на попередньому етапі передню панель з'єднують із опорним корпусом установлюючи її в передню частину корпуса і з'єднуючи електронні елементи на ній і з роз'ємами плати, закріплюють все гвинтами М4 поз 10. Задню панель встановлюють на тильну сторону корпуса і з'єднуючи деталі гвинтами М4 поз 10. Прилад зібрано. Після збирання виконується контроль та випробування виробу.

### 2.3 Розрахунок показників надійності роботи системи

Під надійністю системи (елементу, вузлу, приладу, виробу) розуміють здатність останнього зберігати свої якісні характеристики в заданих межах, при визначених умовах експлуатації, протягом заданого проміжку часу.

Розрахунок надійності ультразвукової системи робиться для оцінки, заданих у ТЗ вимог по надійності по раптових відмовленнях з урахуванням вимог ДСТУ 2861-94. Кількісно надійність характеризується сумою інтегральних та точкових показників у відповідності з ДСТУ 2860-94, ДСТУ 2861-94, ДСТУ 2862-94.

За здатністю відновлювати вироби діляться на ті, що відновлюються на ті, які не відновлюються.

Вироби, які не відновлюються – це вироби, функціонування яких можливе лише до їх першої відмови. Такі вироби характеризуються наступними кількісними характеристиками надійності:

- Інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ ;
- Частота відмов  $f(t)$ ;
- Ймовірність безвідмовної роботи  $P(t)$ ;
- Ймовірність відмов  $Q(t)$ ;
- Напрацювання до відмови  $T_0$ .

Вироби, які відновлюються – це вироби, експлуатація яких передбачає багаторазовий ремонт. Вони характеризуються наступними кількісними характеристиками надійності:

- Параметрами потоку відмов  $w(t)$ ;

- Параметрами потоку відновлення  $\mu(t)$ ;
- Коефіцієнтом готовності  $K_T$ ;
- Середнім часом роботи між двома відмовами  $t_{cp}$ ;
- Середнім часом відновлення  $t_B$ .

У більшості випадків, як було показано вище, залежність розподілу інтенсивностей відмов у часі є нелінійна (рис 2.1).

Перший етап – етап припрацювання.

Другий етап – етап нормальної експлуатації.

Третій етап – етап старіння. На цьому етапі лавиноподібно зростає інтенсивність відмов.

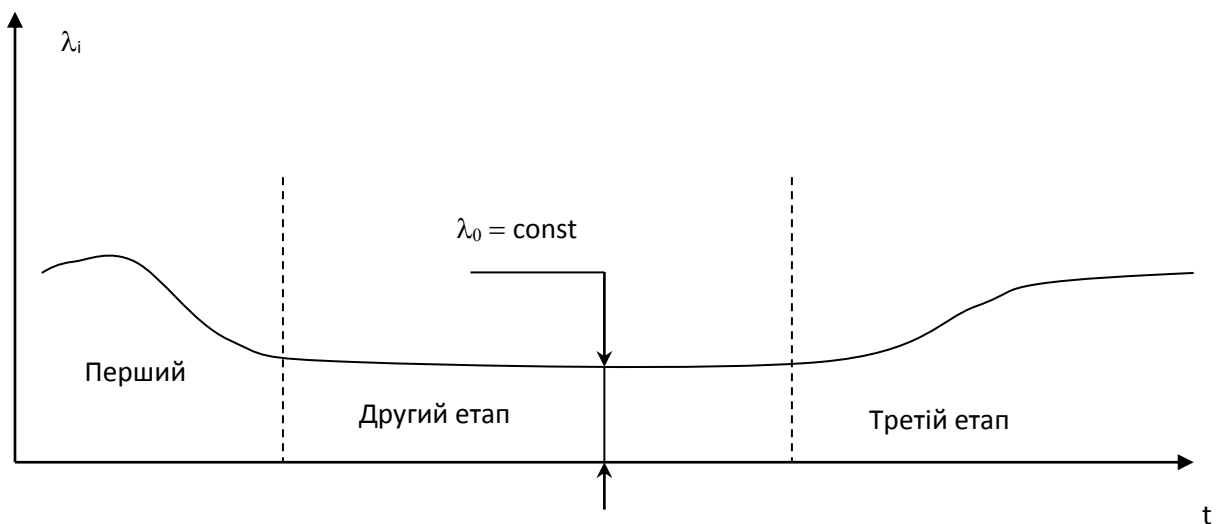


Рис.2.1. Залежність інтенсивності відмов у часі

Експериментально встановлено, що  $\lambda(t)$  не нижче ніж  $0,2\lambda_0$ . Недовантаження елементів широко використовують з метою підвищення надійності.

Розрахунок надійності по раптових відмовах робимо застосувавши експоненційний закон надійності (для етапу нормальної експлуатації).

Розрахунок заснований на наступних допущеннях:

- Відмови комплектуючих елементів є випадковими незалежними подіями;
- Одночасно два і більш комплектуючі елементи у виробі відмовити не можуть;
- Інтенсивність відмов комплектуючих елементів протягом терміну служби в робочих умовах є величиною постійною;
- Відключений стан системи прирівнюється до режиму збереження;
- Закон надійності – експоненційний.

Основними критеріями надійності є:

$P(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи визначаємо за час  $t=1000$  г;

$\Lambda$  – інтенсивність відмов системи;

$T_0$  – середній час безвідмовної роботи системи.

Зробимо розрахунок надійності системи. Чисельно надійність визначається ймовірністю безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\Lambda \cdot t}$$

Де  $\Lambda$  – інтенсивність відмов системи;

$t$  – час у годинах, виражений відповідно до ДСТУ 2861-94.

При розрахунку надійності визначаються наступні показники.

Інтенсивність відмов блоку:

$$\lambda_{\delta j} = \sum_{i=1}^m \lambda_i * N_i$$

Де  $\lambda_i$  – інтенсивність відмов  $i$ -го елемента з урахуванням режиму роботи;

$N_i$  - кількість елементів кожного виду;

$m$  - кількість різновидів елементів.

Інтенсивність відмов системи:

$$\Lambda = \sum_{j=1}^k \lambda_{\delta j}$$

Де  $k$  – кількість блоків.

Напрацювання системи на відмову:

$$T_o = \frac{1}{\Lambda} (\text{год})$$

Необхідно відзначити наступне:

$$\lambda_i = \alpha * \lambda_{oi}$$

де  $\lambda_{oi}$  – довідкове значення інтенсивності відмов  $i$ -го елемента при нормальних умовах експлуатації і нормальному режимі роботи.

$\alpha$  - експлуатаційний коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів на інтенсивність відмов.

Додаткові значення інтенсивності відмов вибираються з урахуванням коефіцієнта навантаження  $K_n$ , що визначається як відношення фактичного значення параметра до його номінального значення (табл.2.3).

Таблиця 2.3. Коефіцієнт навантаження

Виріб	Значення $K_n$	Формула для розрахунку $K_n$
Резистори	0,5	$P/P_{ном}$
Конденсатори	0,5	$U/U_{ном}$
Діоди	0,75	$I/I_{ном}$

Тепер за вищенаведеними міркуваннями робимо розрахунок надійності блоків системи. Перелік елементів, з яких складаються блоки і чисельні значення інтенсивності відмов цих елементів приведені в таблицях 2.4, 2.5 і 2.6.

Таблиця 2.4 Блок підсилювача ЕКС

Найменування елементів	$N_i$ , шт	$\lambda_{0i} * 10^6$ , 1/година	$\alpha$	$\lambda_i * N_i * 10^6$ , 1/година
Резистори	137	0,02	0,6	4,44
Конденсатори	87	1,3	0,13	27,04
Мікросхеми	200	0,2	0,82	65,6
Пайка	2500	0,01	-	50

$$\lambda \delta j = \sum_{j=1}^m \lambda_i * N_i = 190 * 10^{-6} (1/годин)$$



Таблиця 2.5 Перетворювач частота-напруга

Найменування елементів	N <sub>i</sub> , шт	$\lambda_{0i} * 10^6$ , 1/година	$\alpha$	$\lambda_i * N_i * 10^6$ , 1/година
Резистори	121	0,02	0,6	4,48
Конденсатори	78	1,3	0,13	26,7
Мікросхеми	286	0,2	0,82	77,44
Пайка	3200	0,01	-	45

$$\lambda \delta j = \sum_{j=1}^m \lambda_i * N_i = 153,6 * 10^{-6} (1/годин)$$

Таблиця 2.4 Пристрій цифрової і часової індикації ЧСС

Найменування елементів	N <sub>i</sub> , шт	$\lambda_{0i} * 10^6$ , 1/година	$\alpha$	$\lambda_i * N_i * 10^6$ , 1/година
Резистори	197	0,02	0,6	5,04
Конденсатори	62	1,3	0,13	20,28
Мікросхеми	214	0,2	0,82	143,66
Пайка	3420	0,01	-	65

$$\lambda \delta j = \sum_{j=1}^m \lambda_i * N_i = 223,98 * 10^{-6} (1/годин)$$

Таблиця 2.5 Інтенсивність відмов блоків системи

Найменування блоків системи	$\lambda_{dj}, 10^{-6}$
Блок підсилювача ЕКС	190
Перетворювач частота-напруга	153,6
Пристрій цифрової і часової індикації ЧСС	223,98
Блок живлення	20

$$\Lambda = \sum_{j=1}^k \lambda_{dj} = 587,5 * 10^{-6} (1 / годин)$$

Використовуючи дані, визначимо час напрацювання системи на відмову:

$$T_0 = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{587,5} * 10^6 = 1702 (год)$$

Тепер визначимо ймовірність безвідмовної роботи системи за час:

1)  $t=8$  годин.

$$P(8) = e^{-\frac{8}{1702}} = 0.6$$

2)  $t=1000$  годин

$$P(1000) = e^{-\frac{1000}{1702}} = 0.8$$

Відповідно до ДСТУ 2862-94  $P(t)$  визначається за час  $t=1000$  годин.

Грунтуючись на даних, отриманих у результаті розрахунків інтенсивності відмов блоків зробимо аналіз ненадійності. Показник ненадійності  $j$ -го блоку дорівнює:

$$П_{\delta j} = \frac{\lambda_{\delta j}}{\lambda_{сер}}$$

Де  $\lambda_{сер}$  – середня інтенсивність відмов, яка визначається за формулою:

$$\lambda_{сер} = \frac{\Lambda}{K}$$

Де  $K$  – кількість блоків системи по надійності.

Розрахунок:

$$\lambda_{сер} = \frac{587,5 * 10^{-6}}{4} = 146,87 * 10^{-6} (1/год)$$

Визначаємо показники ненадійності для кожного блоку окремо.

1) Блок підсилювача ЕКС:

$$П_{\delta 1} = \frac{190 * 10^{-6}}{146,87 * 10^{-6}_{сер}} = 1,29;$$

2) Перетворювач частота-напруга:

$$П_{\delta 2} = \frac{153 * 10^{-6}}{146,87 * 10^{-6}_{сер}} = 1,04$$

;

3) Пристрій цифрової і часової індикації ЧСС:

$$П_{\delta 3} = \frac{223 * 10^{-6}}{146,87 * 10^{-6}_{сер}} = 1,51;$$

4) Блок живлення:

$$P_{\delta 4} = \frac{20 * 10^{-6}}{146,87 * 10^{-6}_{сер}} = 0,13;$$

Якщо  $P_{\delta i} < 1$ , то надійність блоку вище, ніж середня для блоків системи. Якщо  $P_{\delta i} > 1$ , то блок є менш надійним. Виходячи з розрахункових даних і вимог надійності, особливу увагу потрібно блоку цифрової і часової індикації ЧСС, як найбільш складним.

## **Висновки по роботі**

В даному дипломному проекті було розглянуто Ритмокардиометр РКМ-01, що призначний для вимірювання частоти серцевих скорочень. Дипломний проект складається з двох частин конструкторської та технологічної.

У даній роботі окрім Ритмокардиометра РКМ-01 були приведені інші подібні прилади та їх технічні данні. Було зроблено порівняння та аналіз.

В конструкторській частині дипломного проекту були розроблені електрична, функціональна та принципови схеми. Для обраного приладу були приведенні розрахунки коефіцієнта підсилення для мікросхеми електричної принципової схеми підсилювача і фільтрів та розрахунки деяких резисторів для цієї же схеми.

Детально пояснено принцип роботи приладу, висвітлено переваги та недоліки. Також детально був описаний алгоритм пошуку несправностей та спосіб їх усунення.

В технічному розділі проведено відпрацювання конструкції приладу на технологічність, також було розроблено технологічний процес складання та представлений у вигляді схеми ступенів складання та технологічної схеми складання, а також були розроблені Розрахунок показників надійності роботи системи.

**Використана література:**

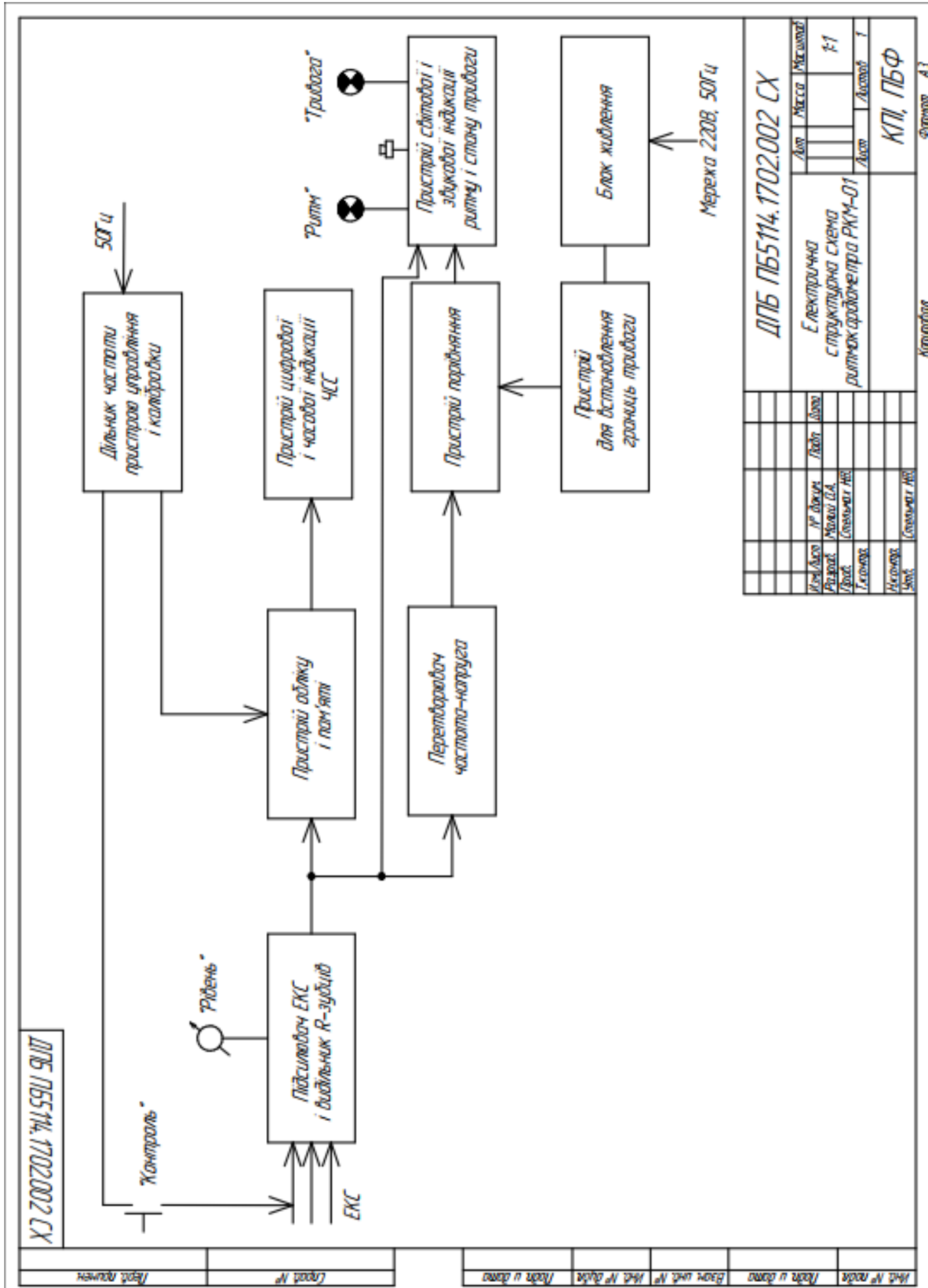
1. Амосов М.М. Роздуми про здоров'я. – К.: Здоров'я, 1990.
2. Анатомія людини. /Под ред. Сапина М.Р. – М.: Медицина, 1993
3. Дудель Й., Рюэгг Й., Шмидт Р. Фізіологія людини: 3 т. / Під ред. Шмидта Р. та Тевса Г.- М.: Мир, 1996.
4. Колодяненко Г.І. Анатомія людини: Підручник. – К.: Либідь, 2001.
5. Хоменко Б.Г. Анатомія людини. – К.: Вища школа, 1991
6. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Петрук В. Г., Колісник П. Ф. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи. Монографія – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007
7. Виробництво електричних кабелів та прооводів з гумовою та пластмасовою ізоляцією / Троицкий Игорь Дмитриевич, Лахман Любовь Семеновна, Бабицкий Овсей Шаланович, Берин Илья Шаевич  
Публікація: М. : Висш. шк., 1972 Опис: 384 с
8. Медицинские приборы. Разработка и применение. Первое издание. Под ред. Джон Г. Вебстер. М: Медторг. – 2004
9. Релизов А.Н. "Медицинська та біологічна фізика"-М.1987р
10. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. Т.т. 1-2. - М., Мир, 1998.
11. Прянишніков В.А «Електроніка»-Санкт-Петербург, 2004р
12. Румбешта В. О. Технологія складання, регулювання та випробування приладів / В. О. Румбешта. – Київ, 2013. – 360 с.

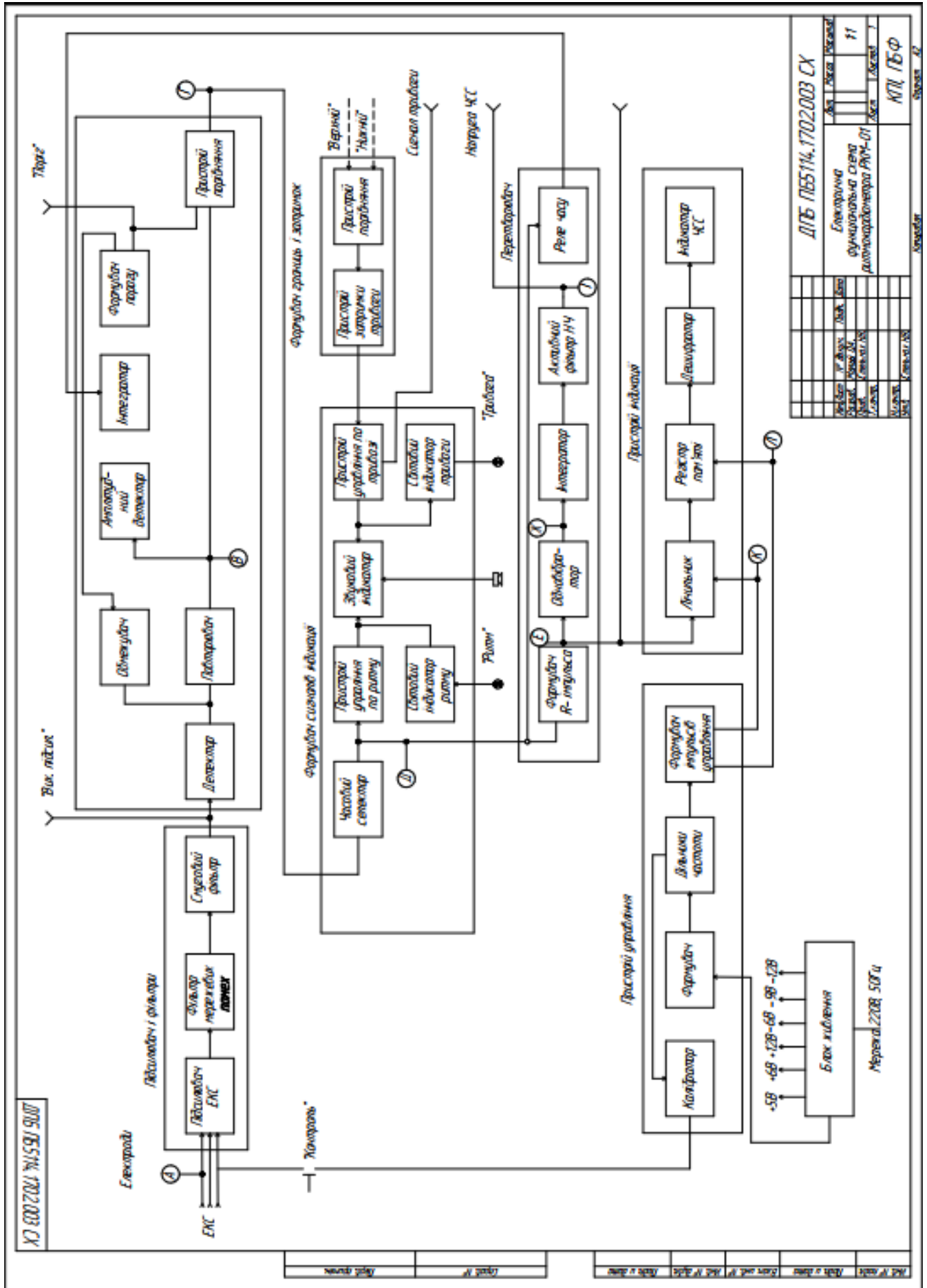
## **Додатки**

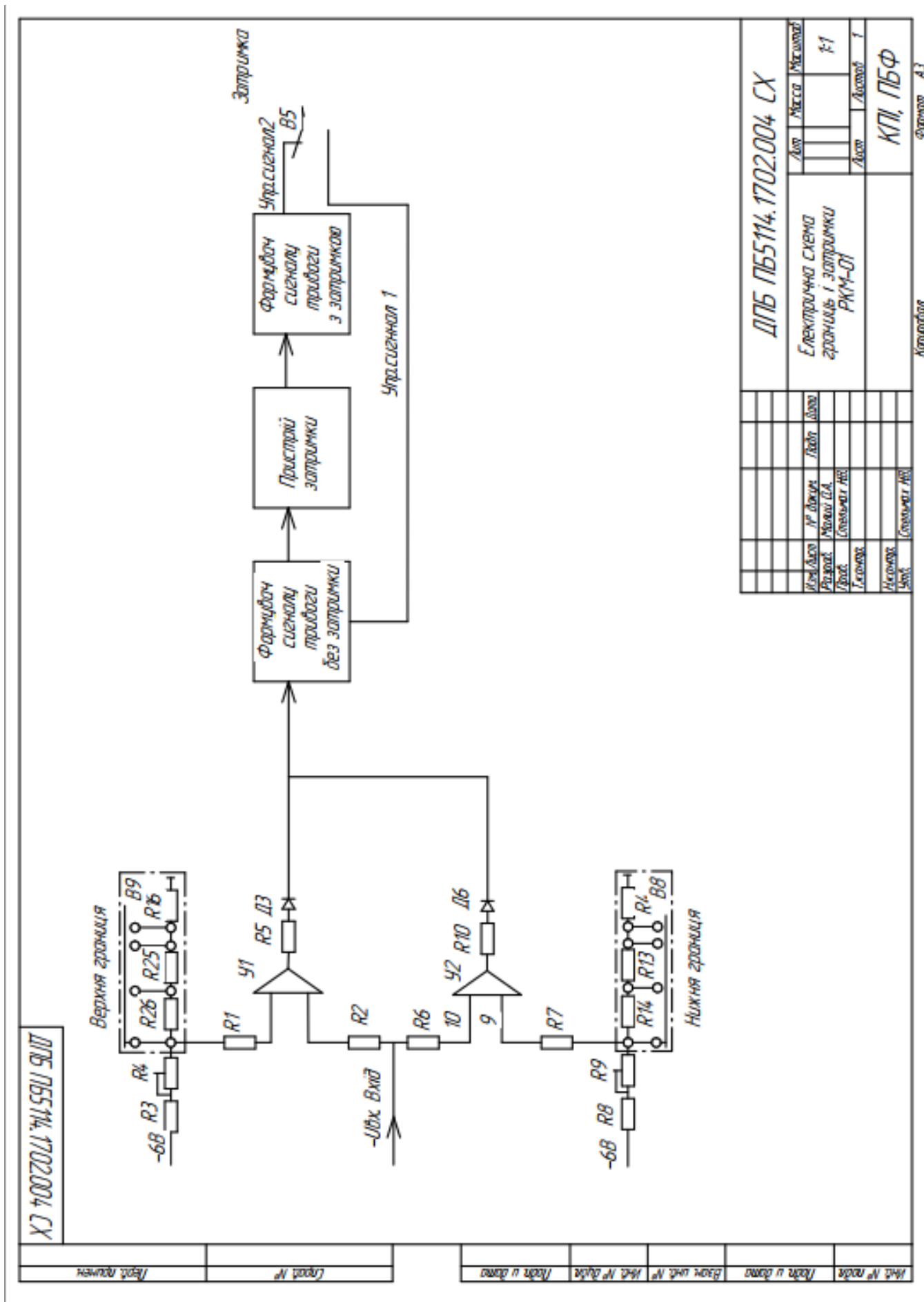
Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.	71
				<u>Деталі</u>			
А		1		Нижня панель	1		
А		2	ДПБ ПБ5114.1702.001.002	Ніжка	4		
А		3		Плата керування	1		
А		4	ДПБ ПБ5114.1702.001.004	Стійка	4		
А		6		Кришка	1		
А		7	ДПБ ПБ5114.1702.001.007	Бокова панель	2		
А		8	ДПБ ПБ5114.1702.001.008	Передня панель	1		
А		9	ДПБ ПБ5114.1702.001.009	Задня панель	1		
А		11		Перемикач	2		
А		12		Кнопка	3		
А		13		Роз'єм	1		
А		14		Світло індикація	3		
А		15		Перемикач 3 поз.	1		
А		16		Блок індикації	1		
А		17		Екран	1		
				<u>Стандартні вироби</u>			
		5		Гвинт М4	12		
				ГОСТ 7046-2			
		10		Гвинт М4	8		
				ГОСТ 7045			
				ДПБ ПБ5114.1702.00			
Із	Лист	№ докум.	Підп.	Да	<div>Специфікація</div> <div>КПІ, ПБФ</div>		
Розр	Малий О.						
Пере	Степелях Н.						
Н.кон							
Утв.	Степелях Н.						
					Лист.	Лист	Листів
						1	1

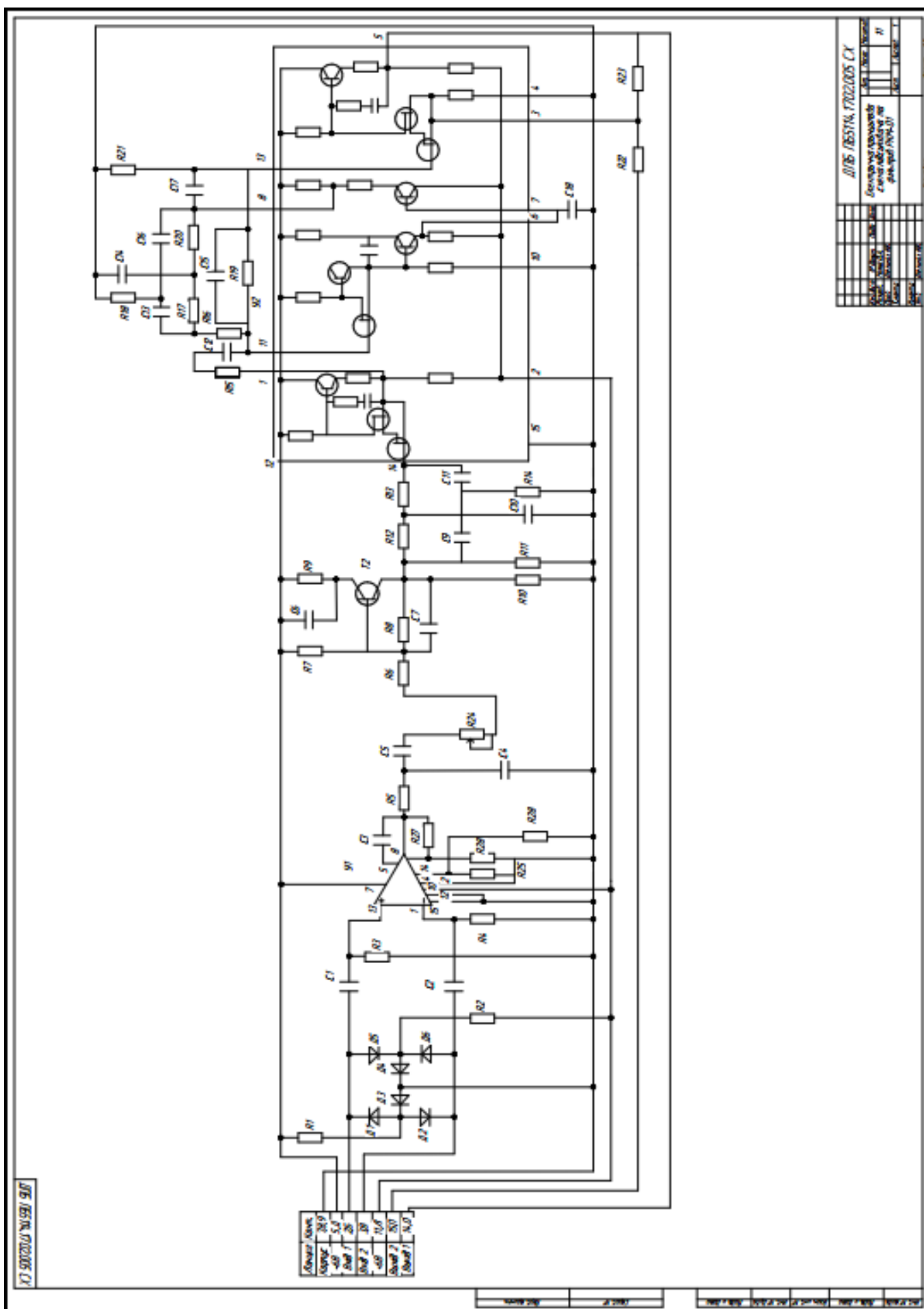


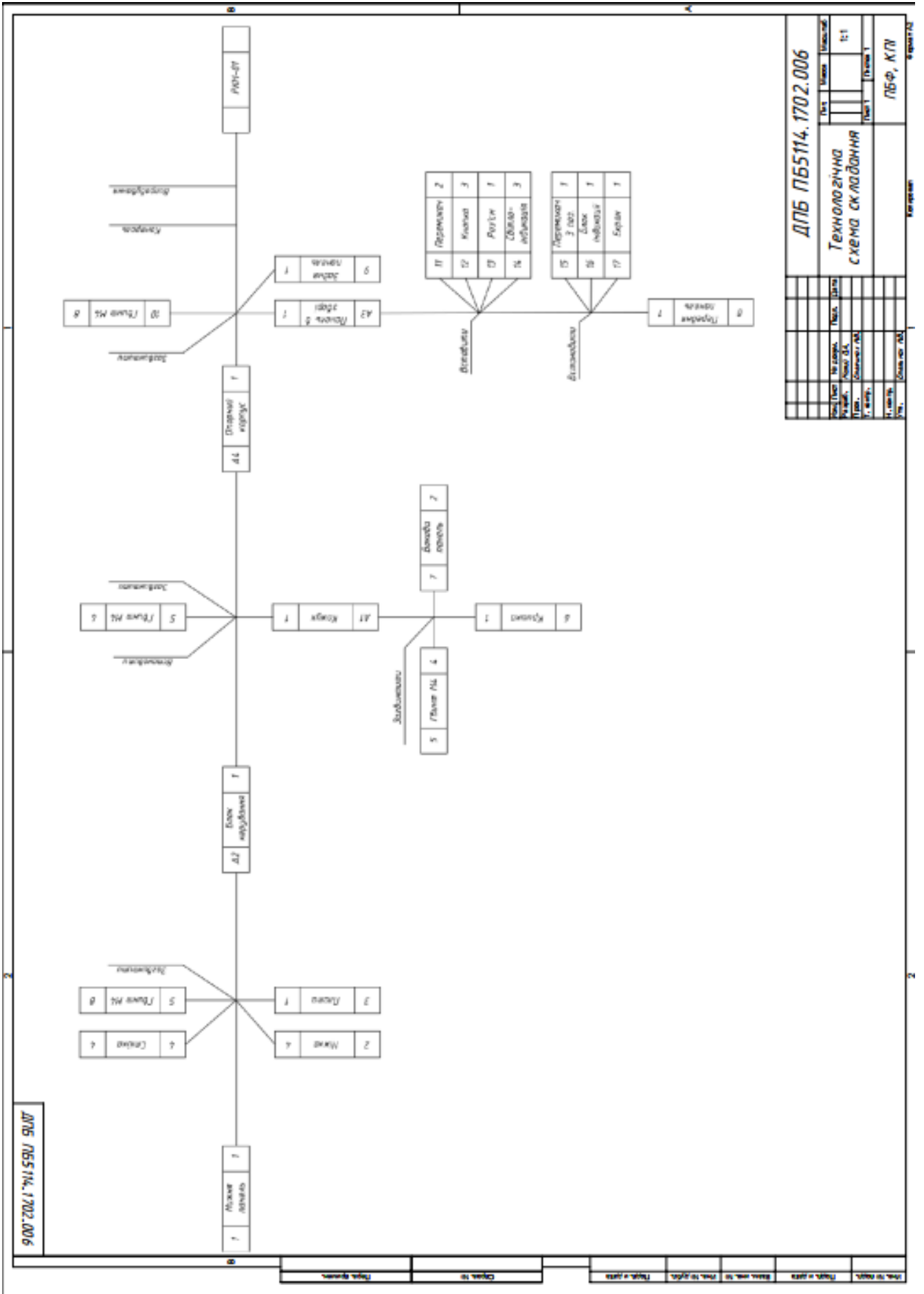




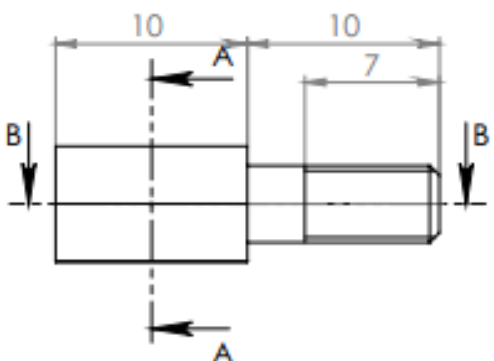
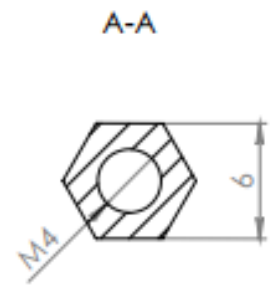
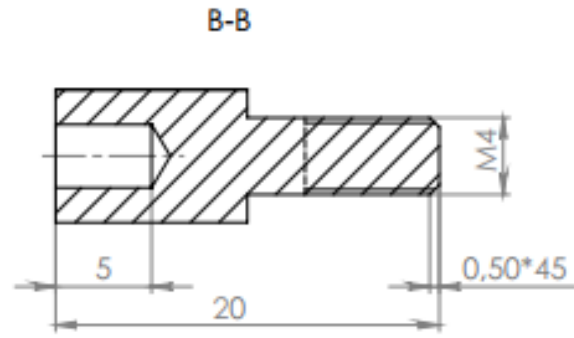








[illegible]

Перв. примен.	ДПБ ПБ5114.1702.001.004				$\sqrt{Ra\ 3.2(\checkmark)}$			
Справ. №								
Подп. и дата								
Изм. № дубл.					ДПБ ПБ5114.1702.001.004			
Взам. инв. №					Стіюка			
Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Ина. № подл.	Разраб.		Малий О.А.					3:1
	Пров.		Степелях Н.В.					
	Т. контр.					Лист 1	Листов 1	
	Н. контр.					Сталь 10 ГОСТ 2879-2006		
	Утв.		Степелях Н.В.			КП, ПБФ		



Technical drawing of a side panel (Бокова панель) showing front and side views with dimensions and a section A-A.

**Front View Dimensions:**

- Overall width: 300
- Overall height: 92
- Top flange width: 30
- Bottom flange width: 3
- Distance between mounting holes: 10 (marked as 10 проробів)
- Mounting holes: 4 Ø18, M4

**Side View Dimensions:**

- Overall height: 92
- Top flange width: 30
- Bottom flange width: 3
- Mounting holes: 4 Ø18, M4

**Section A-A:** A cross-section view showing the internal structure of the panel, including the top flange, the main body, and the bottom flange.

**Surface Finish:**  $\sqrt{Ra\ 3.2(\checkmark)}$



